This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**A propos de ce livre**

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

**Consignes d'utilisation**

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

**À propos du service Google Recherche de Livres**

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06637667 8

1. Coal—Mines and mining—Jam

SMD

3-VHW
Burat

LE

# MATÉRIEL DES HOUILLÈRES

## EN FRANCE ET EN BELGIQUE.

Paris. — Typographie Hennuyer, rue du Boulevard des Batignolles, 7.

# LE MATÉRIEL

DES

# HOUILLÈRES

EN FRANCE ET EN BELGIQUE

## DESCRIPTION

DES APPAREILS, MACHINES ET CONSTRUCTIONS

EMPLOYÉS

POUR EXPLOITER LA HOUILLE

**Avec Atlas in-folio de 77 Planches**

PAR

AMÉDÉE BURAT

INGÉNIEUR, PROFESSEUR D'EXPLOITATION DES MINES A L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES.

TEXTE

E. NOBLET, ÉDITEUR.

PARIS
RUE JACOB, 20.

LIÉGE
MÊME MAISON.

1861

3217

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

*Ce travail n'aurait pu être entrepris sans le concours des Compagnies houillères, des ingénieurs et des constructeurs qui ont bien voulu mettre à ma disposition les plans et les documents relatifs aux constructions de leurs établissements.*

*Les Compagnies houillères d'Anzin, de Blanzy, de Nœux, du Nord de Charleroi; MM. les ingénieurs Cabany, de Bracquemont, Guibal, de Reydellet, Jouniaux, Charles Detillieux, Revollier jeune, Colson, Quillacq, m'ont spécialement aidé de leur collaboration.*

*Je prie ces Messieurs d'agréer l'hommage et les remerciements de l'auteur.*

*AMÉDÉE BURAT.*

LE

# MATÉRIEL DES HOUILLÈRES

## EN FRANCE ET EN BELGIQUE.

## INTRODUCTION.

Les exploitations houillères sont aujourd'hui presque généralement régies, en France et en Belgique, par des Conseils d'administration appelés, non-seulement à diriger les opérations commerciales, mais aussi à délibérer sur toutes les questions techniques de premier établissement et à contrôler les prix de revient.

Cette intervention des Conseils d'administration a produit d'excellents résultats sur l'ensemble de nos charbonnages; elle a soustrait les méthodes, le matériel et les conditions générales des établissements à la routine des usages locaux; elle a amené la discussion de ces usages, la comparaison de ce qui se pratiquait dans les divers bassins houillers et, par suite, les perfectionnements.

Souvent appelé à prendre part aux travaux des Conseils d'administration, nous avons été frappé des embarras qui résultaient de la rareté des documents graphiques. Les discussions s'égaraient par suite de l'impossibilité d'expliquer d'une manière claire ce que chacun voulait recommander; les conclusions auxquelles on arrivait n'étaient pas toujours précises, et l'exécution amenait de nouveaux dissentiments.

Conduit par ces difficultés à réunir une assez grande quantité de renseignements graphiques, nous en avons extrait ce qui nous a paru présenter le plus d'intérêt pour les Conseils d'administration de charbonnages, et nous leur présentons le résumé de ces études.

Les conditions du matériel et des constructions nécessaires à l'exploitation des houillères résultent d'abord de celles du gîte.

Des couches de houille peu puissantes, accidentées et peu continues, de qualité médiocre ou peu demandée par la consommation, ne sauraient comporter les frais d'installation que justifient des couches puissantes, continues et de bonne qualité; en d'autres termes, on ne saurait appliquer à une extraction de houille de 100,000 à 200,000 quintaux métriques par année, les moyens que l'on emploie pour une extraction possible de 500,000 à 1,000,000 de quintaux, et même davantage, extraction qui, dans certains cas privilégiés, peut être obtenue et même dépassée par un seul puits.

Cependant il n'est guère d'entreprise houillère qui se monte aujourd'hui sans avoir la prétention d'extraire le maximum, et pour beaucoup d'entre elles les extractions réelles sont tellement inférieures aux espérances, que l'échelle sur laquelle ont été préparés les moyens d'exploitation devient une charge onéreuse.

Les terrains houillers de la France et de la Belgique ne présentent pas d'une manière générale des conditions de richesse comparables à celles des terrains houillers de l'Angleterre : les couches y sont moins régulières et d'une puissance moins favorable à l'exploitation; les terrains sont moins solides, exigent plus de frais de boisage et d'entretien; enfin les charbons y sont bien plus fragiles, de telle sorte que les produits de l'exploitation, contenant moins de gros, sont moins avantageux à la vente.

Il importe de connaître ces faits, parce qu'on semble les ignorer d'une manière presque générale et que, par suite, on s'étonne souvent à tort que nos exploitations ne produisent pas la houille dans des conditions aussi économiques que celles de l'Angleterre.

Voici comment M. de Bracquemont, après une visite récente (1859) des mines principales du bassin de Newcastle, caractérise ses avantages naturels :

« Les couches du bassin de Newcastle ont une puissance presque toujours comprise entre 1 et 2 mètres, c'est-à-dire la plus facile à exploiter. Entre les failles, qui sont connues par de nombreux travaux, les couches de houille sont généralement très-régulières ; les charbons purs, massifs, sans mélange de filets terreux, se pré-

sentent presque partout en assises horizontales ou très-peu inclinées. Ce sont évidemment des conditions très-favorables à l'exploitation ; mais une autre les domine toutes, c'est l'extrême solidité des terrains encaissant les couches, qui rend tout soutènement inutile par des boisages ou des maçonneries, et permet d'enlever tout le charbon sans presque remblayer et sans même produire de lézardes à la surface. On comprend que quand on est ainsi favorisé par la nature, il est facile de creuser de larges galeries, d'y placer des chemins de fer solides, d'y installer des machines souterraines pour la traction et d'étendre les travaux à de grandes distances des puits, l'entretien des voies étant presque nul. Un chiffre est du reste plus éloquent que tous les exposés, c'est le prix de revient du boisage par tonne de charbon extrait, qui est au maximum de 20 centimes, dans la plupart des houillères de Newcastle, tandis que dans nos exploitations du Nord et du Pas-de-Calais il varie de 88 centimes à 1 fr. 65 c., moyenne 1 fr. 25 c. par tonne. »

La différence considérable qui existe entre les conditions du gisement de la houille, en Angleterre et dans les autres contrées de l'Europe, détermine une différence dans les prix de revient. M. de Bracquemont a recueilli de nombreux prix de revient qui varient de 5 fr. 60 c. à 6 fr. 25 c. par 1,000 kilogrammes dans le Lancashire, et de 4 fr. 35 c. à 5 francs dans le bassin de Newcastle, y compris le *royalty* ou indemnité payée au propriétaire de la surface qui est en même temps pro-

priétaire de la mine, mais non compris les intérêts des capitaux engagés.

En France et en Belgique on trouverait peu d'exemples de prix de revient aussi bas. Dans nos exploitations du centre, où les couches sont les plus puissantes, les prix de revient sont de 6 à 7 francs la tonne pour les mines les plus favorisées; dans les exploitations de la Belgique et du Nord, la moyenne de ces prix se trouve comprise entre 8 et 10 francs la tonne. Nous pourrions même citer certaines exploitations bien conduites où le prix de revient total (non compris l'intérêt des capitaux engagés), dépasse le chiffre de 10 francs par tonne.

Il résulte encore des différences précitées dans le gisement de la houille, qu'une exploitation peut être fondée avec moins de capitaux en Angleterre qu'en France et en Belgique. Une exploitation est réputée considérable en France et en Belgique, quand elle peut produire annuellement de un à deux millions de quintaux métriques, et elle exige à ce taux une immobilisation en travaux, matériel et constructions, qui est en moyenne de deux à quatre millions de francs. En Angleterre on produira le double avec ce même capital.

C'est précisément à cause de cette infériorité dans leurs conditions géologiques que les exploitations houillères présentent en France et en Belgique un intérêt bien supérieur à celui qu'elles offrent en Angleterre. L'exploitant, continuellement aux prises avec les plus grandes difficultés, a dû déployer une persévérance et une habileté bien supérieures; de telle sorte que, contraire-

ment à l'opinion généralement répandue, pour étudier l'art des mines, il y a tout avantage à étudier les exploitations du nord de la France, de la Belgique, plutôt que celles des bassins de Newcastle ou du pays de Galles [1].

Dans les bassins du Nord, du Pas-de-Calais et de la Belgique, dans ceux du centre et du midi de la France, nous trouvons en effet tous les genres d'obstacles que peut rencontrer l'exploitation. Ces obstacles ont été cependant surmontés et ces bassins ont servi de base à des industries assez fortes pour pouvoir au besoin suffire à l'indépendance du continent.

Les progrès de l'art des mines consistent principalement dans le matériel et l'agencement des puits d'extraction; or, il suffit de visiter celles de l'Angleterre et du pays de Galles, pour voir que dans nos exploitations on a dépensé plus d'intelligence, d'étude et de travail que dans les exploitations de l'Angleterre, qui produisent cependant cinq fois plus que celles de la France et de la Belgique réunies. Nous n'avons, en un mot, à envier à l'Angleterre que la richesse naturelle de ses bassins, que la qualité de ses charbons (qui est telle que l'on

[1] Il est essentiel de constater ainsi l'origine et les causes de la supériorité industrielle de l'Angleterre. La nature a fait tous les frais de cette supériorité : si elle nous avait doté de bassins houillers aussi étendus, aussi riches et dans des conditions d'exploitation aussi favorables; si elle eût placé, dans notre sol comme dans le sol anglais, le minerai de fer auprès de la houille elle-même, l'industriel français ou belge aurait pu lutter à armes égales avec l'Angleterre.

obtient 70 et 75 pour 100 de gros et gailleteries, tandis que notre maximum est de 45 pour 100, et que la position littorale des terrains houillers de Newcastle et du pays de Galles, terrains dans lesquels la nature a non-seulement placé les plus grandes richesses, mais qu'elle a découpés de baies profondes et de ports faciles, où l'on a pu organiser le chargement le plus économique des navires qui, de là, peuvent porter la concurrence dans toutes les contrées de l'Europe.

Si, en examinant les constructions et les appareils établis sur les puits des houillères en Angleterre, on est conduit à ne rien envier à ces installations, il n'en est pas de même des méthodes d'exploitation qui y sont appliquées et qui, malheureusement, ne sont pas applicables chez nous. L'irrégularité de nos couches, fréquemment interrompues par des crains et des failles, les crochons et les changements d'allure, le peu de solidité des roches qui forment le toit, ne nous permettent pas d'établir à l'avance cette division en massifs et compartiments qui existe d'une manière générale dans les houillères anglaises et permet de les préparer et d'en aménager l'exploitation. Dans nos houillères, il faut réduire autant que possible le développement des galeries à l'entretien, en régler les dimensions aux strictes nécessités de la circulation des hommes et des chariots, et procéder par champs d'exploitation restreints et successifs.

Les méthodes d'exploitation de la houille ont été décrites dans les traités spéciaux et dans de nombreux

mémoires, de manière à ne rien laisser à désirer. Ces méthodes ne sont pas d'ailleurs susceptibles de perfectionnements bien notables; elles sont restées les mêmes depuis plus de vingt ans, et dans chacun de nos grands centres d'exploitation on les trouve étudiées et appliquées au régime spécial des couches, sans qu'il paraisse possible de les modifier utilement.

Il n'en est pas de même du matériel. C'est sur les formes et les dispositions de ce matériel que se sont réalisés et que se poursuivent incessamment les progrès de l'art des mines. Chaque ingénieur s'est appliqué à déterminer quelles étaient les conditions les plus favorables au charbonnage qu'il avait à diriger, chacun surtout a cherché à donner à ses appareils et à ses établissements un cachet spécial attestant ses recherches et ses inventions. De là une diversité qui peut sembler extraordinaire, lorsqu'on réfléchit que tous les exploitants ont à exécuter des travaux à peu près identiques.

Cette diversité tend progressivement à disparaître et les constructions nouvelles s'établissent dans chaque contrée houillère sur des types à peu près similaires, lorsque les circonstances sont identiques. Il nous a paru utile de réunir les meilleurs types ou du moins ceux qui nous ont paru tels, et d'en présenter les plans à une échelle qui permît de les exécuter. Peut-être, en effet, cette publication pourra-t-elle contribuer à l'uniformité qu'il est désirable de voir s'établir dans le matériel des mines comme dans celui de toutes les grandes industries.

Les différences d'installation sont surtout sensibles lorsque l'on vient à comparer les usages de bassins éloignés les uns des autres. Les installations de la Belgique et du nord de la France ne se retrouvent pas dans la plupart de nos bassins du centre et du midi. Ces différences s'expliquent d'abord par la tradition des habitudes des premiers exploitants, et en second lieu parce que la différence des conditions du gisement de la houille avait en effet conduit les premiers exploitants d'un bassin à des habitudes différentes.

Ainsi, dans le bassin de la Loire, la facilité des premières exploitations avait multiplié les puits outre mesure. Cette multiplicité des puits et le faible chiffre d'extraction de chacun d'eux avaient conduit aux installations les plus simples. Le sol, exhaussé par les déblais du puits et du triage recouvert d'argile battue, constituait ce que l'on appelait le *plâtre du puits*; un vargue ou manége en plein air, manœuvrant des bennes de 2 à 4 hectolitres, suffisait pour l'extraction; une baraque, servant de logement et de bureau, complétait cette organisation toute primitive, qui a suffi à ceux qui exploitèrent les affleurements ou têtes des diverses couches du bassin.

Ces habitudes changèrent peu à peu; les puits devenus plus profonds exigèrent l'emploi de machines à vapeur; la nécessité de faire des triages, des criblages et des chargements économiques, diminua le nombre des puits et conduisit à des installations plus complètes et plus étudiées. Aujourd'hui, certains puits

de la Loire peuvent soutenir la comparaison avec les établissements similaires des bassins du Nord; mais l'ensemble s'est toujours ressenti des premières habitudes et présente une simplicité qui donne aux installations un caractère généralement provisoire.

Il n'en est pas ainsi pour nos exploitations du Nord. L'établissement d'un puits y a toujours été une dépense considérable de temps et d'argent, de telle sorte que dès le principe on a donné à ces puits toute la puissance d'extraction à laquelle ils pouvaient prétendre. Il fallut en conséquence mettre les installations du jour au niveau de l'importance des travaux du fond et donner à ces installations le caractère de durée, d'abri et d'appropriation nécessaire au service.

Les exploitations belges ont d'abord devancé les nôtres dans l'étude de ces appropriations, et c'est encore là que nous allons généralement chercher les perfectionnements auxquels peut conduire une pratique plus longue et plus générale de l'industrie houillère. Cependant nos établissements du Nord et du Pas-de-Calais ont suivi le mouvement qui s'est produit en Belgique, et même ont pris le devant pour quelques améliorations importantes.

Les méthodes de travail actuellement en usage dans les mines se rapportent à un principe que l'on cherche à étendre autant que possible : réduire le nombre des puits d'extraction et faire produire le maximum à chacun d'eux.

Les frais d'établissement d'un puits suffiraient pour

motiver le principe énoncé, surtout lorsqu'on doit traverser des niveaux ou exploiter à des profondeurs considérables; mais les dépenses permanentes qui résultent de la tenue en activité d'un siége d'extraction militent encore pour l'adoption de ce principe.

Ces dépenses résultent : 1° de la surveillance qui doit être exercée par un employé spécial gouverneur, marqueur ou chef de place; 2° de la tenue en feu d'une machine qui doit toujours être prête à fonctionner, non-seulement pour le service de l'extraction, mais pour monter ou descendre les ouvriers, pour extraire les eaux, pour envoyer au fond les bois, les matériaux ; cette machine exigeant le service d'un mécanicien exercé et d'un chauffeur; 3° du personnel des ouvriers receveurs, manœuvres, trieurs, etc., nécessaires au service des bennes et des waggons.

A ces dépenses se joignent nécessairement les fournitures de magasin, telles que la houille pour le chauffage, les huiles, câbles, fers, bois, etc., dont on fait une consommation constante.

Un puits d'extraction, avec ses constructions, machines et accessoires obligés, ce que dans le nord de la France et dans la Belgique on appelle une *fosse*, est donc un établissement permanent, avec ses employés, ses ouvriers, ses approvisionnements, ses magasins et logements; ensemble qui entraîne des frais généraux, et qui par conséquent ne peut fonctionner utilement sans atteindre un certain chiffre de produits et de ventes. Ainsi, dans les conditions moyennes des houillères,

une fosse qui n'extraira que de 400 à 500 hectolitres par jour, soit 150,000 par année, ne fera guère plus que ses frais, et ne donnera point de bénéfices.

Une fosse complétement organisée doit, en général, extraire plus de 1,000 hectolitres par jour pour donner des produits suffisamment rémunérateurs. Or, si l'on peut arriver à doubler ou tripler cette production par une même fosse, au lieu de l'obtenir au moyen de deux ou trois, n'est-il pas évident qu'on aura réduit les frais de l'exploitation dans une proportion considérable? Tel est le principe que l'on cherche à appliquer dans les exploitations nouvelles, à étendre pour les anciennes, principe qui a déterminé de grandes modifications dans le matériel.

Ainsi, l'exploitation devant s'étendre sous de plus vastes surfaces, et souvent à plus d'un kilomètre des accrochages, il a fallu perfectionner les transports souterrains, et faire circuler dans les galeries un matériel plus fort et plus perfectionné que par le passé. On a dû, pour accélérer le service et diminuer les déchets, supprimer l'emploi des bennes aux accrochages, et extraire les chariots de roulage eux-mêmes, dans des cages guidées. Enfin, il a fallu avoir des machines d'extraction capables d'enlever de gros poids avec une grande vitesse, afin que ces machines ne fussent jamais en retard, et qu'elles pussent faire face à toutes les éventualités du service d'extraction de la houille des rochers, etc...

L'extension d'un même champ d'exploitation sous de

vastes surfaces augmente nécessairement la proportion des eaux d'infiltration; de là, la nécessité d'avoir des machines d'épuisement plus puissantes. Enfin, la ventilation devenue plus difficile a exigé des appareils énergiques, capables à la fois de débiter des volumes d'air considérables, et de déterminer des dépressions quintuples de celles qui suffisaient autrefois.

Toutes les houillères ne sont pas encore mises à ce régime, mais toutes celles qui ont une richesse suffisante y tendent, et par conséquent transforment progressivement leur matériel; toutes celles qui s'établissent à nouveau s'organisent en vue des extractions les plus développées.

Les vues s'uniformisant, les appareils se rapprochent aussi de plus en plus, ainsi qu'on pourra en juger par les divers exemples que présente l'Atlas.

Pour bien se rendre compte de tous les services auxquels on doit pourvoir, lorsqu'on fait le projet d'un établissement houiller, il suffit d'étudier les *prix de revient* de la houille extraite, dans les établissements similaires de ceux que l'on veut fonder. Nous avons réuni une série de prix de revient des exploitations faciles qui opèrent dans des couches puissantes, et de celles qui n'ayant que des couches de $0^m,50$ à $0^m,80$ produisent dans des conditions difficiles; nous indiquerons les moyennes qui en résultent pour les divers services.

Le prix de revient de la houille dans toutes les exploitations de quelque importance est établi d'après

les divisions naturelles du travail, et c'est en suivant successivement ces divisions qu'on peut se rendre compte de la possibilité de réaliser des économies sur telle ou telle partie du service.

**Piquage.** Ce sont les diverses opérations que nécessite l'abatage de la houille. Dans les couches puissantes et régulières, ce travail ne comprend guère que le traçage des galeries dans la couche, puis le dépilage ou enlèvement des piliers ainsi découpés.

La plupart des exploitations anglaises présentent les dessins les plus réguliers. tout y semble tracé au compas, tandis que les plans de nos houillères ont un caractère de tâtonnement et d'irrégularité presque général. Cette différence résulte, ainsi qu'il a été précédemment expliqué, des accidents nombreux qui limitent nos champs d'exploitation, et qui souvent les sillonnent de manière à rendre stériles une grande partie des surfaces que les galeries de contour ont pu définir.

Dans les couches de faible puissance ($0^m,70$ en moyenne) exploitées dans le nord de la France et la Belgique, les galeries préparatoires destinées aux divers services de l'exploitation doivent être presque entièrement percées dans le rocher. De là un prix de piquage très-élevé, parce qu'il est grevé des indemnités de galeries qui sont payées aux mineurs. Enfin, le prix du piquage comprend encore le triage du rocher qu'on est obligé d'abattre avec la houille, le remblai, l'approchage jusqu'au point de chargement de toutes les matières.

abattues qui doivent être extraites au jour, houille et rocher.

Lorsque le piquage représente 1 franc par tonne de houille extraite, ou un chiffre au-dessous, on peut être certain que les conditions de l'exploitation sont favorables; mais ce prix s'élève à 2 francs et jusqu'à 2 fr. 50 c. par tonne dans les petites couches, où la proportion du rocher est très-considérable.

Les prix du piquage, réglés à la tâche, soit au mètre carré de déhouillement, soit au cube de l'abatage, n'offrent en général que peu de prise aux économies. Tout y est main-d'œuvre; la réparation et la consommation des outils ou de la poudre représentent à peine dans ces prix 3 pour 100 des salaires.

Le prix de la journée du mineur et son habileté sont donc les régulateurs de ce chiffre essentiel du prix de revient. Or, ces deux éléments ne peuvent subir qu'à la longue l'influence de la direction qui cherchera sinon à réduire les prix de la journée, du moins à faire exécuter pour ces prix le plus de travail possible. Il faut du temps pour faire l'éducation des mineurs, et c'est la pratique seule qui leur apprendra à reconnaître et appliquer les méthodes les plus avantageuses au travail qu'ils doivent exécuter. En 1856, on fit venir dans les houillères de la Loire un assez grand nombre de mineurs piémontais habitués aux travaux des carrières et au maniement des outils, et cependant la plupart de ces ouvriers ne purent accomplir les tâches ordinaires des mineurs de la Loire, et réaliser les mêmes

journées. Ils se découragèrent, et presque tous abandonnèrent les travaux des houillères.

On doit joindre aux frais de l'abatage de la houille, et comme conséquence obligée, le coût des *travaux préparatoires*, tels que bouveaux, bures, galeries ou descenderies pratiquées pour traverser les crains et les failles. A mesure que l'on épuise des chantiers, il faut en effet en préparer d'autres destinés à leur succéder. Ces travaux, également désignés sous la dénomination de *recherches courantes*, varient entre des limites très-étendues. Nous voyons certaines houillères ne leur consacrer que 25 centimes, tandis que d'autres, qui sont encore dans des conditions moyennes, leur consacrent 75 centimes par tonne de houille extraite.

Le **boisage** est une dépense bien plus variable que la précédente et dont les conditions obligées se prêtent aussi à très-peu d'intervention de la part d'un Conseil d'administration.

Le soutènement est, en effet, la conséquence forcée de l'excavation et la condition essentielle de la sécurité des ouvriers. On peut intervenir utilement pour substituer les remblais au boisage, toutes les fois que cela peut être fait; pour obtenir des mineurs qu'ils retirent autant que possible les bois des tailles; pour obtenir des boiseurs qu'ils emploient au mieux et sans gaspillage les bois qui leur sont remis; mais il faut nécessairement laisser les ouvriers juges de la quantité de bois qu'ils doivent laisser dans les tailles ou placer dans les galeries.

C'est donc en réalité la nature du terrain qui règle la dépense. Dans la plupart des houillères de Newcastle où le terrain est très-solide, le boisage ne figure que pour 10 ou 20 centimes par tonne de houille. Mais en France et en Belgique, les exploitations les plus favorisées dépensent de 60 centimes à 90 centimes par tonne, et, pour beaucoup de nos houillères du Nord, ces frais s'élèvent de 1 franc à 1 fr. 65 c.

Dans les parties où les bois peuvent être retirés, on a souvent employé des étais en fonte ou des bois portant une vis de pression, que l'on desserre au moment de les enlever. Mais ce perfectionnement, si l'on peut considérer comme tel l'emploi de moyens plus coûteux et plus embarrassants que les bois ordinaires, n'est applicable qu'aux houillères dont le toit présente déjà une certaine solidité.

En résumé, pour cet élément comme pour le précédent, c'est la nature du sol qui règle les conditions de la dépense. Le mineur examine avec soin la composition de son toit; s'il est mauvais, il cherche s'il n'en obtiendra pas un meilleur en abattant une certaine épaisseur de faux toit. Mais presque toujours il se trouve commandé par la nature des roches, et l'on ne peut exiger des boiseurs que ce que l'on exige des mineurs: un travail assidu et intelligent, un emploi logique et aussi bien raisonné que possible des bois qui leur sont remis pour le soutènement.

Le **roulage** est le premier élément dans lequel le matériel joue un rôle essentiel et décisif.

Il entre dans le prix de revient pour une somme qui varie, en général, de 30 centimes à 1 franc par tonne, parce que les distances varient, ainsi que la facilité du parcours des voies.

On peut dire que la plupart de nos houillères cesseraient aujourd'hui d'être logiquement exploitables, si on leur enlevait le matériel perfectionné des chemins de fer souterrains et des apparaux avec lesquels s'exécutent les transports depuis les chantiers d'abatage jusqu'aux puits d'extraction.

Les considérations relatives au roulage souterrain se lient aux conditions les plus essentielles de l'exploitation. On peut maintenant aller chercher la houille à 1,500 et 2,000 mètres d'un puits d'extraction, et, par conséquent, réduire considérablement le nombre de ces puits, comparativement au nombre qu'on aurait employé autrefois. Grâce au perfectionnement du roulage souterrain, on peut foncer des puits de 600 et de 700 mètres de profondeur dans les terrains les plus difficiles, et tirer ensuite un tel parti de ces puits, que l'amortissement des frais de fonçage et de premier établissement aura peu d'influence sur le prix de revient, lorsqu'il se trouvera réparti sur le nombre de tonnes qu'on aura pu extraire.

Là est, en effet, tout le secret de l'art moderne : consacrer d'abord un grand capital pour préparer une extraction, et trouver à la fois, dans l'importance annuelle de cette extraction une compensation du sacrifice fait, et dans sa durée un moyen d'amortissement

tel que lorsqu'on arrive aux limites du champ d'exploitation, on a été remboursé de toutes ses avances.

Le matériel de roulage est simple, mais il exerce une influence énorme sur le prix de revient. Un waggon ira, par exemple, charger vingt fois à la taille dans un poste de dix heures de travail; tout vice de construction, ne fût-ce que sous le point de vue du chargement et du déchargement, se reproduira vingt fois par waggon, et comme il peut y en avoir cinquante en travail, ce serait mille fois qu'il faudrait compter par jour la petite dépense qui résulterait de ce vice de construction. Aussi a-t-on quelquefois entendu produire cette assertion, très-réelle, que dans telle mine la réorganisation des voies et du matériel de roulage a pu déterminer pour cette partie du service une économie de 25 à 50 pour 100.

L'**extraction** constitue le matériel principal, celui qui exige la plus grande somme de capitaux en machines et constructions. Elle commence aux accrochages où des ouvriers spéciaux prennent les waggons sur les voies de garage et les encagent pour être enlevés au jour, après avoir retiré les waggons vides qu'on leur redescend. La machine enlève la charge jusqu'au jour, et là une équipe d'ouvriers, semblable à celle du bas, retire de la cage les waggons pleins et les verse sur la halde, après leur avoir substitué des waggons vides.

Un puits armé de machines suffisantes peut extraire jusqu'à 4,000 et 6,000 hectolitres de houille par journée de travail, c'est-à-dire amener au jour et rendre au fond de 800 à 1,200 waggons. Dans un pareil mouvement et

maniement de waggons, toute fausse manœuvre se traduit par des chiffres onéreux et par des pertes de temps.

Ici donc, rien n'est indifférent; l'ingénieur doit se rendre compte de tous les mouvements à faire et les simplifier autant que possible. Cela fait, il reste à pourvoir à toutes les exigences du service, à l'entretien et à la réparation des machines, à l'entretien et au changement des câbles, au graissage, au chauffage et à la manœuvre des machines; il reste enfin à établir les appareils du versage et du criblage des charbons.

Le matériel, dans toutes ces opérations, est l'agent essentiel; l'ouvrier n'intervient que pour les mouvements qui ne peuvent se faire sans lui, et, lorsque les puits sont bien agencés, l'extraction ne figure au prix de revient que pour un chiffre de 25 à 40 centimes par tonne.

Dans les frais d'extraction se trouve compris l'entretien des *fahrkunst*, lorsqu'il en existe. Ces appareils, destinés à la descente et à la remonte des ouvriers, commencent à se répandre et deviendront d'un emploi plus général à mesure que les houillères s'approfondiront et que le matériel se perfectionnera. Pour descendre au moyen des appareils d'extraction deux cent cinquante à trois cents ouvriers au fond d'une fosse, il faut au moins deux heures de travail, et autant pour les remonter, en supposant même que les appareils soient dans les meilleures conditions. Les machines spéciales, warocquères ou fahrkunst, ont le double avantage d'effectuer rapidement la descente et

la remonte du personnel, et de laisser aux machines d'extraction plus de temps pour le montage de la houille et des terres.

L'**aérage** et l'**éclairage** des houillères rentrent habituellement dans ce que l'on appelle les dépenses générales. Les ventilateurs destinés à renouveler l'air des mines, et sur lesquels reposent ainsi la possibilité et la sécurité du travail, sont, pour la plupart, des inventions modernes; les premiers essais de grande ventilation mécanique ne remontent pas à plus de vingt-cinq ans: aussi doit-on encore espérer de nouveaux progrès.

Les dépenses générales d'exploitation comprennent, outre l'aérage, l'entretien des travaux souterrains d'utilité générale, le personnel des maîtres mineurs ou porions, des marqueurs, gouverneurs, etc... Elles s'élèvent, pour la plupart des mines, de 40 à 60 centimes par tonne de houille.

L'**épuisement** est de tous les services celui qui peut être considéré comme le plus parfaitement exécuté par le matériel moderne. Les machines d'épuisement sont, en effet, celles qui travaillent avec la plus grande régularité et la plus grande économie.

Il y a déjà trente ans que le type de la machine du Cornwall est connu et appliqué en France et en Belgique, et dès cette époque ce type de machine à vapeur a été importé avec sa perfection et son uniformité; cependant on a modifié la disposition générale en remplaçant, dans un grand nombre de cas, la machine à balancier par la machine à traction directe.

Ce qui est éminemment variable et en progrès dans le matériel de l'épuisement des eaux, c'est la construction des pompes et celle des engins de toute sorte destinés aux transmissions de mouvement. Les clapets et les pistons sont l'objet d'innovations et d'essais continuels qui ont déterminé des économies précieuses dans la marche des exploitations et qui ont permis l'exhaure des quantités d'eau les plus considérables.

Un grand nombre de houillères seraient aujourd'hui très-onéreuses, et par conséquent d'une exploitation impossible, sans le matériel d'épuisement perfectionné par lequel elles sont préservées de l'inondation.

Les machines intérieures, quelquefois appliquées à l'épuisement, sont pour l'avenir un élément précieux de progrès, surtout en présence de l'approfondissement rapide des houillères.

Les mines qui ont peu d'eaux les épuisent dans l'intervalle des postes de travail, avec les machines d'extraction, mais tiennent un compte à part des dépenses occasionnées par cette partie du service, afin de préciser le moment où une machine spéciale deviendrait avantageuse.

Quels que soient les moyens employés, les frais sont, en général, proportionnels aux quantités d'eau extraites et à la profondeur des mines. Laissant de côté les cas extrêmes, nous voyons les frais d'épuisement compris entre 15 et 35 centimes par tonne de houille.

Aux dépenses que nécessitent ces divers services, il faut encore ajouter les dépenses générales du jour com-

prenant les triages, criblages, mises en tas des charbons; le lavage des menus lorsqu'il y a lieu; les transports faits au jour pour amener les charbons sur les rivages ou entrepôts; les frais d'atelier et d'entretien des chemins et du matériel du jour; les déchets; les frais de chargement sur les charrettes, bateaux ou waggons servant aux expéditions. Ces dépenses s'élèvent de 1 fr. 40 c. à 1 fr. 70 c. par tonne de houille.

Viennent enfin les frais généraux d'administration, impôts, etc. Nous les trouvons compris entre 45 centimes et 90 centimes par tonne.

Faisant le total de tous ces frais, on arrive à des prix de revient de 6 fr. 75 c. à 10 fr. 50 c. par tonne de houille, chiffres entre lesquels on peut considérer comme compris la généralité des prix de revient des houillères de la France et de la Belgique.

Ces chiffres ne comprennent pas encore toutes les dépenses qu'il est prudent de prévoir. Un siége d'exploitation coûte fort cher : parmi les types que nous présentons, et y compris le fonçage des puits et le percement des galeries préparatoires, il en est qui représentent une dépense de 800,000 francs; d'autres ont même dépassé un million. Une fois l'exploitation mise en activité, elle paye les travaux préparatoires nécessaires pour l'entretenir, mais lorsque le champ sera complétement épuisé, et qu'il faudra se transporter sur d'autres points, presque toute la dépense de premier établissement se trouvera perdue. Il faut donc que cette dépense soit progressivement amortie par un fonds de

réserve qui permettra de la remplacer en temps utile.

Enfin, l'exploitant doit encore pourvoir aux frais qu'il est obligé de faire pour le placement de ses produits, aux pertes de places, aux sinistres auxquels il est d'autant plus exposé qu'il vend généralement à long terme; aux frais de contentieux; aux comptes d'intérêts qu'il doit supporter pour les capitaux nécessaires au roulement de son entreprise.

En parcourant ainsi toute la série des services et des dépenses que l'exploitant doit solder avant de livrer une tonne de houille au commerce, on est surpris du prix réellement très-réduit auquel la houille est vendue. Le dernier rapport du ministre des travaux publics établit qu'en 1857 les houillères de la France ont extrait 7,900,000 tonnes, qui ont été vendues, en moyenne, 12 fr. 53 c. par tonne. C'est une somme annuelle de près de 100 millions payée à l'industrie des houillères; mais le même rapport constate que cette somme est plus que doublée par les frais de transport, et que le consommateur paye en sus 130 millions à ceux qui transportent et lui livrent la houille, indépendamment des octrois qui en élèvent encore les prix dans la plupart des villes.

Une tonne de houille en gailleteries sera livrée à Paris au prix de 32 à 35 francs en bateau; mais pour entrer dans la consommation de l'intérieur, elle devra d'abord acquitter 7 francs de droits d'octroi, auxquels il faut ajouter le camionnage, et, si le bateau doit être détaillé, la mise en tas dans un magasin, les frais et déchets du magasinage, le chargement et le camionnage de livrai-

son, le tout s'élevant encore à 6 ou 8 francs par tonne. De telle sorte que pour prendre une tonne de houille à bateau, et pour la livrer au consommateur, on fera souvent autant de frais qu'il a fallu en faire pour l'exploiter, l'extraire, la trier, la transporter et l'emmagasiner aux entrepôts de chargement. Ajoutons enfin, pour expliquer les différences qui existent dans les prix des houilles sur le carreau des mines et sur les marchés de consommation, que le bénéfice perçu par les intermédiaires est généralement supérieur à celui de l'exploitant.

Si l'exploitant peut satisfaire à la tâche difficile qui lui est imposée, c'est qu'il opérera sur des masses considérables, c'est que chez lui tout travail sera divisé et spécialisé, tout mouvement simplifié autant que possible, et qu'enfin il sera secondé dans toutes les parties de ses travaux et manutentions par un matériel perfectionné. C'est ce matériel que nous nous proposons de décrire.

Pour la description de toutes ces constructions, machines et appareils, nous suivrons l'ordre que nous venons d'indiquer, en appuyant cette description sur les planches qui forment l'atlas.

Nous avons reproduit dans cet atlas les types actuels qui nous ont paru les plus recommandables et dont nous avons pu nous procurer des dessins exacts. Nous n'avons pas la prétention d'avoir réuni une collection complète; il est plusieurs dispositions ou appareils dont nous n'avons pu nous procurer les plans. D'autres

sont connus par des publications antérieures ; ce travail est un simple résumé destiné à compléter ces publications, et notamment celle de la *Géologie appliquée* dans laquelle nous avions déjà réuni une assez grande quantité de croquis et d'indications graphiques.

Nous traiterons, dans un premier chapitre, la partie du matériel qui est destinée à pénétrer dans le sol et qui est employée dans les puits ou galeries ; c'est ce qu'on peut appeler le matériel des transports souterrains, auquel se rapportent les planches suivantes :

**Chapitre premier** : Transports souterrains ; waggons et verseurs ; cages et parachutes ; câbles en chanvre, aloès ou fil de fer.

PLANCHE 1. Waggon pour le roulage souterrain, système Cabany. Cage à quatre étages pour ce waggon (Anzin).

— 2. Cage à deux étages et quatre waggons ; clichage à taquets (fosse n° 4 du nord de Charleroy).

— 3. Waggon de six hectolitres avec verseur fixe (Blanzy).

— 4. Waggon de douze hectolitres avec verseur mobile (Blanzy).

— 5. Berceau pour les plans automoteurs souterrains. Cage dite *récepteur*, pour les écluses sèches du fond et du jour (Anzin).

— 6. Ressort d'extraction du Boubier. Parachute Fontaine.

— 7. Cage à quatre étages avec waggons en bois. Parachute à griffes excentriques.

— 8. Parachute Fontaine modifié. Epissures de câbles en fil de fer.

— 9. Caisse à eau (Anzin).

— 10. Guidage et clichage à verroux de la fosse n° 2 de Nœux (Pas-de-Calais).

Le **chapitre deuxième** comprend une série de constructions, machines et appareils employés pour **l'extraction**. Cette partie essentielle de l'installation embrasse aussi les dispositions adoptées pour l'organisation des haldes ou plâtres des puits, pour le versage et la classification des charbons.

C'est ici surtout que se présente la diversité précédemment signalée, et nous avons cherché à réunir les types qui nous ont paru satisfaire le plus complétement aux conditions diverses auxquelles doit satisfaire une organisation de fosse.

Chevalets, molettes, bobines, machines d'extraction, bâtiments et dispositions générales.

PLANCHE 11. Molettes. Modèles d'Anzin et de Blanzy.
— 12. Chevalet. Modèle d'Anzin.
— 13. Chevalet de Blanzy.
— 14. Chevalet pour deux puits jumeaux (Blanzy).
— 15. Bobine d'extraction. Modèle de Haine-Saint-Pierre.
— 16. Bobines, folle et fixe. Modèle Revollier (Saint-Etienne).
— 17. Machine d'extraction à cylindre horizontal, avec engrenage. Modèle Revollier (Saint-Etienne).
— 18. Appareil d'extraction adapté à une machine à vapeur de trente chevaux.
— 19. Machine d'extraction à cylindre horizontal avec distribution par soupapes (Revollier).
— 20. Détail de la distribution par soupapes.
— 21. Plan d'une machine d'extraction, directe et à deux cylindres conjugués horizontaux. (Modèle Quillacq, fosse de Nœux.)
— 22. Elévation de la machine à deux cylindres, modèle Quillacq.

PLANCHE 23. Coupes transversales de la machine Quillacq.
— 24. Frein à vapeur pour machine d'extraction (Nœux, Pas-de-Calais).
— 25. Machine d'extraction, directe à deux cylindres conjugués horizontaux (Revollier, Saint-Etienne).
— 26. Crible pour la classification de la houille. Paliers à ressorts pour supporter les molettes.
— 27. Machine d'extraction, à deux cylindres conjugés verticaux. Modèle Colson (Haine-Saint-Pierre).
— 28. Plan, avec détail de l'appareil avertisseur indiquant les positions relatives des cages.
— 29. Elévation de la machine Colson.
— 30. Disposition générale et constructions du puits Cinq-Sous (Blanzy).
— 31. Elévation des constructions du puits Cinq-Sous (Blanzy).
— 32. Plan des constructions de la fosse Villars à Denain.
— 33. Elévation de la fosse Villars.
— 34. Coupe longitudinale.
— 35. Coupe transversale.
— 36. Bâtiment de la machine.
— 37. Constructions de la fosse n° 4, à Sart-lez-Moulins (Nord de Charleroy).
— 38. Constructions de la fosse de Rochelle (Roux, près Charleroy).
— 39. Bâtiment de fosse dans le Borinage.
— 40. Plan général des constructions de la fosse de Nœux (Pas-de-Calais).
— 41. Plan au niveau de la recette.
— 42. Fosse de Nœux. Profil.
— 43. *Id.* Coupe longitudinale.
— 44. *Id.* Elévation. Coupe transversale.
— 45. Constructions projetées au puits de Lucy. 3. Profil.
— 46. Elévation du puits de Lucy. 3.
— 47. Dispositions de machines d'extraction.
— 48. Fosse d'Herin. Installation du chevalet d'extraction.

PLANCHE 49. Cheminée octogonale.
— 50. Fahrkunst Hanrez établi au charbonnage du Boubier (Charleroy).

Le **chapitre troisième** comprend les appareils employés pour la **ventilation** des mines. Nous nous sommes borné à présenter des exemples des systèmes les plus répandus en Belgique et en France, laissant de côté les foyers presque uniquement employés en Angleterre, mais d'une application très-limitée sur le continent.

PLANCHE 51. Ventilateur à force centrifuge, système Letoret.
— 52. Ventilateur Guibal.
— 53. Ventilateur Duvergier (Blanzy).
— 54. Ventilateur Fabry (Nœux).
— 55. Ventilateur Lemielle.
— 56. Machine pneumatique, système Mahaux (Charleroy).

Le **chapitre quatrième** est consacré aux appareils d'**épuisement**. Ici, les documents abondent; nous en avons emprunté quelques-uns à des publications antérieures, mais la majeure partie des planches se rapporte à des appareils nouveaux récemment exécutés.

PLANCHE 57. Pompe élévatoire de $0^m,70$ avec détails du piston, du clapet et des tirants (fonçage de l'avaleresse de Saint-Saulve, à Anzin).
— 58. Pompe foulante de $0^m,45$ de Daglish. Types de pistons et clapets employés à Saint-Etienne.
— 59. Clapets pour pompe élévatoire de $0^m,80$ (avaleresse de Gelsenkirche).
— 60. Piston pour pompe élévatoire de $0^m,80$.

PLANCHE 61. Pompe à double effet de Blanzy.
— 62. Pompe élévatoire de 1 mètre de diamètre (Bleiberg).
— 63. Pompe foulante de 1 mètre de diamètre (Bleiberg).
— 64. Etablissement des pompes, tiges et colonnes d'épuisement dans un puits (Revollier).
— 65. Régulateur pour distribution de vapeur de la machine d'épuisement du puits Saint-Pierre, à Blanzy.
— 66. Elévation du régulateur.
— 67. Machine d'épuisement à traction directe de Daglish (Saint-Helens, Lancashire).
— 68. Elévation de la machine à traction directe.
— 69. Balancier pour machine d'épuisement.
— 70. Machine d'épuisement à balancier, du Bleiberg.
— 71. Machine d'épuisement à double effet placée dans l'intérieur (puits de la Carrière, à Blanzy).

Le **chapitre cinquième** comprend quelques documents spéciaux sur la question si importante des **transports du jour.**

Toutes les houillères, à peu d'exceptions près, ont à organiser des transports au jour, pour conduire les charbons extraits soit sur le rivage d'une voie navigable, soit à une gare de chemin de fer de grande communication. Les voies et le matériel de ces transports doivent être proportionnés à la longueur du parcours et à l'importance du tonnage.

Cette partie du travail des mines est la plus incomplétement représentée dans cet atlas, la variété du matériel étant encore plus prononcée que pour les autres services. Nous avons seulement cherché à signaler son

importance par quelques-uns des types de waggons qui nous ont paru le mieux étudiés pour transporter les houilles, soit aux ports secs, soit aux rivages de chargement, et par quelques détails sur un chemin de fer récemment exécuté, et dans lequel toutes les difficultés que peuvent rencontrer les transports du jour se trouvent en quelque sorte résumées.

PLANCHE 72. Tracé du chemin de fer avec plans inclinés ascendants et plans inclinés descendants, bis-automoteurs, des houillères de Portes à la Levade, par M. de Reydellet.

— 73. Appareils des plans inclinés bis-automoteurs.

— 74. Waggon à caisse fixe.

— 75. Truck avec caisses mobiles (Denain).

— 76. Waggon à bascule (Blanzy).

— 77. Versage et disposition des tas de houille (Blanzy).

# CHAPITRE I^er.

## TRANSPORTS SOUTERRAINS.

### WAGGONS, BERCEAUX, CAGES, PARACHUTES, CABLES.

Le matériel des transports souterrains est celui qui est destiné à pénétrer dans les puits et galeries, et à transporter depuis les tailles d'abatage jusqu'au jour les produits du travail des mineurs, c'est-à-dire la houille ou les rochers abattus.

Ces transports souterrains s'exécutent nécessairement sur voies de fer, les waggons devant, autant que possible, aller prendre charge au bas des tailles ou chantiers, être roulés jusqu'aux *accrochages* ou *envoyages* des puits d'extraction, et de là être extraits par les machines.

Tout autre mode de transport souterrain étant plus coûteux et tout transbordement aux accrochages donnant lieu à des frais et à des déchets onéreux, nous ne nous occuperons que des appareils complets qui effectuent les transports de la houille, sans transbordement, des tailles d'exploitation à la recette du jour.

Les chemins de fer souterrains jouent un rôle d'autant plus essentiel dans l'exploitation des houillères,

que le principe actuellement établi est que, pour réduire les prix de revient, on doit réduire au minimum le nombre des puits qui servent à l'extraction. Or, cela n'est possible qu'à la condition d'augmenter l'étendue des travaux souterrains attenant à un même puits, d'où il résulte que les transports souterrains de 1,000 à 1,500 mètres sont aujourd'hui une condition très-fréquente. Il est probable que la moyenne des distances entre les puits d'exploitation et les chantiers d'abatage ira toujours croissant, de telle sorte que les transports par chemins de fer souterrains auront d'autant plus d'importance.

Pour les chemins de fer souterrains, le tracé et l'établissement de la voie s'exécutent dans des conditions qui laissent toujours peu de latitude.

Le tracé est nécessairement déterminé par celui des galeries de traverse ou *bouveaux* et des galeries d'allongement ou *chassages* qui ont servi à préparer l'exploitation; c'est à peine si on peut quelquefois se permettre d'adoucir une pente trop rapide, ou de rendre une courbe moins brusque. Mais lorsqu'on perce les bouveaux et les chassages, il importe de ne pas perdre de vue les conditions des chemins de fer qui y seront établis. La pente doit être aussi régulière que possible et seulement de 2 à 3 millimètres par mètre, sans contre-pentes et de telle sorte qu'elle soit toujours dans le sens de la descente des waggons chargés.

Lorsque les chassages rencontrent des accidents, la recherche doit se faire, autant que possible, par bou-

veaux ou par galeries d'allongement et non par *bures* ou puits intérieurs; si l'on est obligé, pour retrouver plus promptement la couche, de monter ou de descendre en donnant à la galerie une forte pente, on fera, la couche une fois retrouvée, un raccordement conforme aux principes suivant lesquels le tracé du chemin de fer doit être établi.

### VOIES ET WAGGONS.

La voie des chemins de fer souterrains doit être simple, facile à monter et à démonter; aussi la construit-on presque généralement en fers méplats, plutôt qu'en rails à champignon.

Les dimensions des rails dépendent du poids des waggons qu'ils doivent porter. Pour des waggons portant 500 kilogrammes de poids utile, des barres de $0^m,055$ sur $0^m,011$ seront suffisantes. Mais si les chemins doivent durer longtemps, on fera bien d'augmenter ces dimensions.

La voie est, en général, de $0^m,60$ à $0^m,80$.

A Blanzy, pour des berlines portant 1,000 kilogrammes de poids utile, on a adopté la voie de $0^m,80$ et des rails en barres méplates de $0^m,07$ sur $0^m,02$.

Les rails des chemins de fer souterrains, pour présenter les conditions désirables de solidité, doivent être maintenus par des coussinets.

Aux mines d'Anzin, on a trouvé avantageux de substituer aux traverses en bois des traverses en fer méplat

sur lesquelles les coussinets étaient solidement rivés. Les rivures étant sujettes à quelques altérations, on a fini par fondre les coussinets sur les traverses elles-mêmes, en déterminant la solidarité par des trous ou des encoches pratiqués à chaque extrémité.

Ainsi établi, un chemin de fer est facile à monter et démonter, sans qu'il en résulte aucun inconvénient au point de vue de la solidité.

Beaucoup de mines ont adopté de petits rails à champignon simple ou double pour avoir plus de résistance latérale. M. Cabany préfère avoir des traverses plus rapprochées et conserver au rail la forme de lame méplate; il a arrondi la surface de roulement et donné plus d'épaisseur à la base, conformément au tracé indiqué planche I, figure 4. Le rail est ainsi plus solide dans les coussinets, il se prête parfaitement aux courbures qu'exigent les galeries, aux nécessités d'un montage rapide, et se trouve en outre maintenu par la forme à gorge des roues des waggons.

Le bas prix est aussi une des conditions auxquelles satisfait la voie de $0^m,60$ adoptée pour les houillères d'Anzin. En supposant les traverses à $0^m,80$ d'écartement, et tenant compte des coussinets de joint, le mètre de cette voie, tout posé dans les galeries, ne coûte que 5 francs. Or, un siége d'exploitation avec des travaux ouverts dans plusieurs couches et quelques bouveaux de recherche, exige au moins 5 kilomètres de voie et quelquefois plus. A l'économie obtenue dans l'établissement des chemins de fer souterrains, s'ajoutent d'ail-

leurs toutes celles qui résultent des facilités de leur entretien et de leur déplacement.

Les chemins de fer souterrains du bassin de Newcastle sont généralement construits avec des rails à pattes (rails Vignole); ils pèsent de 8 à 9 kilogrammes par mètre courant pour les voies ordinaires, et 11 kilogrammes pour les voies destinées aux transports par traction mécanique. La voie est de $0^m,73$ pour une charge de 500 kilogrammes de houille. Les rails ont la semelle percée et sont fixés avec des clous sur des traverses en bois. La solidité générale du sol permet cette simple installation, qui, dans la plupart de nos houillères, vu la tendance du sol à se gonfler, ne présenterait pas une solidité suffisante et surtout serait trop difficile à réparer.

Le roulage souterrain et l'extraction sont aujourd'hui liés intimement, car il n'existe plus qu'une seule méthode logique pour l'extraction de la houille, c'est de faire entrer les chariots de roulage dans des cages et de les enlever au jour. On évite ainsi les transbordements à l'accrochage, qui retardent les manœuvres, et qui sont coûteux, à cause des déchets et bris de gailleteries qu'ils occasionnent, plus encore que par la main-d'œuvre qu'ils exigent.

La capacité et la forme des chariots ou waggons de roulage souterrain doivent être déterminées suivant les conditions des travaux dans lesquels ils doivent circuler. On leur donne, en général, la plus grande capacité que permettent les galeries, afin de diminuer la pro-

portion du poids mort et d'obtenir le plus grand effet utile des rouleurs employés.

Dans l'exploitation des petites couches, on fera bien quelques sacrifices pour conserver de grandes sections dans les traverses ou bouveaux, et dans les voies d'allongement; mais il s'agit d'amener les waggons chargés au bas de toutes les tailles, et pour cela il faut le plus souvent les faire monter sur des plans automoteurs, tracés suivant l'inclinaison même des couches. Or, la nécessité d'entailler profondément le toit ou le mur des couches peu puissantes, et de maintenir une hauteur et une largeur suffisantes dans les galeries ménagées à travers les remblais, oblige souvent à réduire la hauteur et la largeur des waggons.

Malgré les nombreux exemples de ces waggons de capacité réduite, on peut considérer le principe de la capacité maximum comme établi à la fois par la théorie et la pratique. En effet, d'une part, le rouleur transporte ainsi la plus grande charge possible à chaque voyage, et, d'autre part, le poids mort du waggon est d'autant moindre que la capacité de ce waggon est plus considérable.

Les plus grands waggons employés dans les houillères pour le roulage souterrain sont ceux de Blanzy (planche IV). Les galeries dans lesquelles ils circulent ont, au minimum, 2 mètres sur 2 mètres, et, par conséquent, on n'a pas à se préoccuper de la section libre des passages. Ces waggons furent d'abord des bennes roulantes; la forme la plus employée aujour-

d'hui est une berline ovale de 1m,50 de longueur sur 1m,13 de largeur, dont la caisse a une hauteur de 0m,95, y compris l'épaisseur du fond. Cette caisse est montée sur des essieux tournants, avec roues calées de 0m,30 de diamètre à la jante ; de telle sorte que la hauteur au-dessus des rails est de 1m,25. Le chargement maximum est de 1,000 kilogrammes de houille. Ces grandes dimensions des waggons, leur forme ovale, qui, dans les galeries étroites, serait considérée comme vicieuse et déterminant une perte d'espace, s'expliquent par la section toujours considérable des galeries de Blanzy; elles ont l'avantage de réduire le poids mort au tiers du poids utile.

A côté de ces avantages viennent les inconvénients que nous avons signalés précédemment. Les manœuvres accidentelles ou nécessitées par le service sont difficiles pour les rouleurs qui doivent se servir de leviers et souvent appeler à leur aide. La grande élévation de la caisse au-dessus des rails rend aussi le chargement plus pénible.

Dès lors, malgré la supériorité évidente des chariots de grande capacité, on a pensé que dans certains cas il pouvait y avoir avantage à réduire d'environ moitié la capacité de 12 hectolitres.

Il faut nécessairement distinguer les différents cas qui peuvent se présenter. Si le trajet est court ; si la voie est défectueuse ; s'il y a dans le trajet ou aux extrémités quelques manœuvres difficiles, le waggon de 12 hectolitres se trouve évidemment dans de mauvaises condi-

tions, et il peut être logique de lui préférer des waggons plus petits. Mais si le trajet est long; si la voie est bonne et bien entretenue; si l'on a eu soin de faciliter les manœuvres et les chargements par les précautions qu'indique la pratique, les grands waggons reprennent alors leur incontestable supériorité.

Le roulage souterrain ne diffère du roulage au jour que par les exigences de la section des galeries, par le faible rayon des courbes, par les tournants brusques sur plaques, par les difficultés que présente l'entretien de la voie et du matériel; lorsque les galeries, comme celles de Blanzy, sont à grande section et solides, il y a tout avantage à rapprocher autant que possible les conditions du matériel souterrain de celles qu'on adopterait de préférence pour des transports faits à la surface.

On a cherché à concilier toutes ces conditions, même dans les exploitations qui n'ont que de petites couches, en maintenant aux galeries de roulage des sections minimum de $1^{m},30$ sur $1^{m},10$, et y faisant circuler des waggons de 6 hectolitres.

Ces waggons sont construits en tôle ou en bois; les planches I et VII représentent les deux types.

Le waggon Cabany (planche I) est étudié de manière à présenter la plus grande capacité, en occupant le moins d'espace possible, et en second lieu de manière à obtenir les formes les plus résistantes.

L'adoption des essieux coudés permet de réduire à son minimum la hauteur du waggon, de telle sorte que

le chargement se trouve facilité et que la circulation peut être plus longtemps maintenue malgré la flexion et la rupture fréquentes des bois placés au faîtage des galeries.

Les formes latéralement bombées de la caisse protègent les roues, qui se trouvent ainsi préservées des chocs. La disposition coudée de l'essieu permet d'ailleurs d'augmenter le diamètre des roues, ce qui réduit beaucoup les chances de déraillement. Enfin, on remarquera surtout le montage et le démontage facile des fusées, qui sont les parties les plus exposées à s'user et se fausser; ces fusées, faites en acier, peuvent résister longtemps; elles se remplacent avec tant de facilité que leur usure a cessé d'être un embarras.

Le waggon Cabany, exécuté dans les dimensions indiquées planche I, figures 1, 2 et 3, pèse 176 kilogrammes, qui se détaillent ainsi qu'il suit :

| | Kilogr. |
|---|---|
| Tôles de la caisse..... | 56 » |
| Equerres et rivets..... | 41 » |
| Deux butoirs en bois..... | 6 » |
| Boulons des butoirs..... | 2,50 |
| Deux essieux, platines et boulons..... | 19,50 |
| Quatre platines et huit boulons des roues. | 2,50 |
| Fonte des roues ..... | 40 » |
| Deux longerons..... | 5 » |
| Quatre fusées et écrous..... | 3,50 |
| | 176 » |

Les tôles des parois ont 2 millimètres d'épaisseur, et les tôles du fond en ont 3.

Ce waggon, une fois mis en service, est compté pour 180 kilogrammes de poids mort, à cause du menu char-

bon qui reste adhérent aux anfractuosités ; il charge 500 kilogrammes en charbon tout venant.

On a beaucoup discuté sur la préférence à donner au bois ou à la tôle pour la construction des waggons de mine. Les conclusions auxquelles a conduit la pratique sont : que la tôle est préférable lorsque les roulages sont bien organisés et les waggons exposés à peu de chocs ; mais que dans les roulages où les voies sont mal établies, où les waggons doivent circuler sur des plans automoteurs exposés aux déraillements par les conditions de leur installation, le bois est préférable. Les waggons en bois sont en effet plus faciles à réparer que les waggons en tôle; lorsque sur un plan automoteur ils sont jetés hors la voie et précipités en bas, les ferrures sont facilement redressées, réparées et appliquées à un autre waggon en bois, tandis que le waggon en tôle, lorsqu'il est brisé, est d'une réparation plus coûteuse.

Beaucoup de houillères, comme celle de Blanzy, ont adopté une construction mixte dans les waggons rectangulaires de 6 hectolitres, représentés planche III, et dans les waggons elliptiques, de 12 hectolitres, représentés planche IV: les fonds sont en bois et les parois latérales sont en tôle. On évite ainsi les difficultés principales de construction et de réparation.

Le waggon elliptique est surtout facile à construire et à réparer, parce que le coffre se trouve composé d'une seule tôle ployée. En cas de déformation, il suffit de réchauffer la tôle pour pouvoir en rétablir promptement la forme, en la frappant sur un mandrin.

L'emploi du bois, sous l'épaisseur de 4 à 6 centimètres, pour former le fond des waggons, retenu par un boulonnage sur cornières (planches III et IV), tend à augmenter la proportion du poids mort, mais d'une manière qui n'est pas assez sensible pour qu'il y ait lieu de s'y arrêter.

Le waggon rectangulaire de Blanzy (planche III), exécuté en tôle de 3 millimètres et chargeant environ 600 kilogrammes de houille, pèse 230 kilogrammes. Cette proportion du poids mort diminue rapidement, à mesure que la capacité du waggon augmente. Ainsi le waggon planche IV charge 1,000 kilogrammes et ne pèse que 350 kilogrammes. Il est donc important d'indiquer par quelles considérations on a été conduit à modifier les conditions du roulage en réduisant la capacité de waggons.

Avec le système actuellement adopté de galeries à chevaux, pour les distances principales, et de plans automoteurs pour les transports sur l'inclinaison des couches, les rouleurs n'ont généralement à parcourir que des galeries de 100 à 300 mètres de longueur. Le reste du trajet s'effectue par la force automotrice ou par les chevaux; mais pour livrer le waggon soit aux plans inclinés, soit aux galeries à chevaux, soit enfin à l'envoyage, il faut exécuter certaines manœuvres de poussée ou de virement sur plaques de fonte.

Cette complication de mouvements a modifié le principe posé en faveur de la capacité maximum des waggons, parce qu'un waggon qui dépasse un poids de 700 à 800 kilogrammes (poids mort et poids utile compris) ne peut

plus être viré ou poussé sur des aiguillages, par un seul rouleur. Un waggon de 12 hectolitres, par exemple, exige deux hommes pour l'exécution des divers mouvements nécessaires aux garages, virements et manœuvres, de telle sorte que, ces mouvements venant à se répéter plusieurs fois dans le trajet, on perd ainsi tout l'avantage que donnaient la grande charge et la diminution du poids mort. Ajoutons que dans le cas d'un déraillement sur son parcours, un rouleur isolé se trouve fort embarrassé avec un waggon de 12 hectolitres; il est obligé d'aller chercher des leviers ou d'attendre que l'on vienne à son aide.

Lors donc que les transports, au lieu d'être longs et simples, sont courts et entrecoupés de plans automoteurs et de manœuvres, il peut y avoir avantage à substituer aux waggons de 12 hectolitres des waggons qui en contiennent seulement 6.

L'expérience comparative a été faite récemment à Blanzy, sur deux exploitations placées à peu près dans les mêmes conditions de transport.

Le trajet total était, dans les deux cas, de 500 mètres, et sur ce trajet, 150 mètres seulement étaient parcourus par les rouleurs, le reste s'achevant par des chevaux.

Dans ces conditions, le tableau ci-joint des dépenses comparatives faites aux deux puits pour le roulage donne pour prix de revient du transport : 0ᶠ,0305 dans le premier cas, c'est-à-dire avec les waggons de 6 hectolitres, et 0ᶠ,0314 dans le second, c'est-à-dire avec les waggons de 12.

# ESSAI COMPARATIF DES WAGGONS DE 6 ET DE 12 HECTOLITRES,

Fait pendant quatre mois dans deux puits des houillères de Blanzy.

| EXTRACTION. | | Chargeurs, Rouleurs. | | Rouleurs (Aides). | | Chevaux, Charretiers. | | Gureurs, Teneurs de frein. | | Approcheurs, Portiers. | | Cantonniers. | | Homme du Puits (Encageurs). | | Fournitures du Magasin. | Entretien par Ateliers. | DÉPENSE totale. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Berlines transportées. | Hectolitres transportés. | Journées. | Salaires. | Journées. | Salaires. | Journées effectives. | Dépenses. | Journées. | Salaires. | Journées. | Salaires. | Journées. | Salaires. | Journées. | Salaires. | | | |
| **Waggon de 6hect,30. Puits de Lucy, n° 3.** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,766 | 42,625 | Prix fait : 6 1/2 c. p' waggon. | FR. 453.95 | 68 | FR. 92.40 | 42 | FR. 214.20 | 135 | FR. 167.65 | 16 | FR. 43.65 | 52 | FR. 109.70 | 98 | FR. 158.85 | FR. 110. » | FR. 42.23 | FR. 1,392.63 |
| 9,274 | 58,426 | | 600.25 | 49 | 69. » | 62 | 327.80 | 169 | 232.90 | 25 | 63.75 | 60 | 126.05 | 132 | 204.50 | 67.70 | 98.97 | 1,790.92 |
| 8,401 | 52,926 | | 546.10 | 48 | 66.50 | 56 | 239. » | 102 | 195.25 | | 102.05 | 57 | 116.85 | 118 | 191.55 | 72.46 | 73.64 | 1,603.40 |
| 8,327 | 52,460 | | 541.20 | 6 | 8.40 | 48 | 240. » | 137 | 188.85 | | » | 55 | 112.75 | 125 | 208.85 | 162.88 | 60. » | 1,522.93 |
| 32,768 | 206,437 | | 2,141.50 | | 236.30 | | 1,021. » | | 1,784.65 | | 209.45 | | 465.35 | | 763.75 | 413.04 | 274.84 | 6,309.88 |
| **Waggon de 11hect,50. Puits du Magny.** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,572 | 41,435 | 210 | FR. 442.60 | 87 | FR. 115.20 | 32 | FR. 158.10 | 150 | FR. 210.75 | | FR. » | 58 | FR. 147.65 | 52 | FR. 89.05 | FR. 25.20 | FR. » | FR. 1,188.55 |
| 4,136 | 48,954 | 246 | 517.15 | 75 | 101.25 | 31 | 163.90 | 191 | 228. » | | » | 59 | 120.95 | 50 | 82.90 | 415.42 | 252. » | 1,881.57 |
| 3,872 | 44,915 | 230 | 503.45 | 66 | 89.10 | 28 | 119.50 | 182 | 225.70 | | 19. » | 57 | 116.85 | 44 | 72.60 | 179.84 | 100. » | 1,426.04 |
| 4,512 | 52,687 | 270 | 567.80 | 80 | 108.63 | 31 | 155. » | 222 | 264.29 | | » | 40 | 102.50 | 53 | 88.27 | 110.75 | » | 1,397.24 |
| 16,120 | 187,991 | | 2,031. » | | 414.18 | | 596.50 | | 928.74 | | 19. » | | 487.95 | | 332.82 | 731.21 | 352. » | 5,893.40 |

L'avantage des grandes berlines n'a donc pas été appréciable pour ces conditions de transport; dès lors, il est naturel de préférer, pour des conditions analogues, les petites berlines qui sont d'un maniement plus facile.

Pour bien apprécier l'importance de tout ce qui concerne le roulage, il suffira de comparer les résultats obtenus dans deux ou trois charbonnages dont les conditions se trouvent très-différentes quant au matériel, mais à peu près identiques quant aux distances à parcourir.

L'un de ces charbonnages (la Cave) fait partie de la compagnie d'Anzin; les waggons, conformes au modèle Cabany, y contiennent 6 hectolitres de houille; les galeries sont maintenues à 1m,30 de hauteur, et le roulage se fait par de jeunes hercheurs au-dessous de seize ans. L'autre (Ferrant) appartient au Borinage. Les galeries, très-basses et très-étroites, et surtout les plans inclinés très-surbaissés, ne permettaient d'y employer que des waggons de 3 hectolitres, en bois et fer, qui pesaient 105 kilogrammes à vide; les voies étaient d'un parcours difficile, et, pour y faire circuler facilement d'aussi faibles charges, on était cependant obligé d'employer pour sclauneurs les jeunes gens les plus vigoureux, de dix-huit à vingt-cinq ans. Nous rapprocherons de ces deux puits celui de Lucy, n° 3, dont nous venons d'indiquer les moyens de transport.

Dans ces conditions si différentes, le service se résumait, en 1858, par les chiffres qui suivent.

| | Blanzy (Lucy n° 3). | Anzin (la Cave). | Ferrant (n° 2.) |
|---|---|---|---|
| Parcours moyen..... | 150m | 253m | 233m |
| Nombre de voyages..... | 32 | 18 | 18 |
| Charge transportée..... | 600kil | 500kil | 270kil |
| Poids du waggon ..... | 230 | 180 | 105 |
| Parcours total de la charge | 4,800m | 4,554m | 4,199m |
| Poids utile transporté par rouleur ..... | 19,000kil | 9,000kil | 4,860kil |
| Parcours total du rouleur, aller et retour..... | 9,600m | 9,108m | 8,398m |
| Effet utile..... | 2,880,000 | 2,277,000 | 1,132,380 |

Ainsi, pour faire le roulage d'une extraction de 1,500 à 2,000 hectolitres par jour, il fallait dans les deux premiers cas la moitié du personnel qui était nécessaire dans le troisième.

Cette différence est d'autant plus sensible que, dans les mines du nord de la France et de la Belgique, le recrutement est plus difficile pour le roulage que pour l'exploitation proprement dite. Les houillères du pays de Charleroi ne sont arrivées à compléter leur personnel qu'en employant sur une échelle considérable les femmes pour le service du roulage et des envoyages. Si ces houillères eussent été préparées et organisées comme celle du Borinage que nous venons de citer, la production n'aurait pu s'y développer ainsi qu'elle l'a fait depuis quinze années.

En présence des difficultés que présente la réunion du personnel nécessaire au roulage souterrain, du prix élevé qu'exige ce roulage lorsqu'il est fait par des hommes, le principal progrès à réaliser est de multiplier les

galeries à chevaux. Un cheval bien utilisé remplacera en moyenne de 15 à 20 rouleurs.

Ainsi, dans la fosse du Chauffour, à Anzin, l'effet utile moyen de la journée des chevaux s'est trouvé établi comme suit :

| | |
|---|---|
| Parcours moyen..... .... | 746 mètres. |
| Nombre de voyages..... | 6,50 |
| Charge transportée, 18 waggons portant..... | 9,000 kilogr. |
| Poids mort..... | 3,240 — |
| Parcours total, aller et retour..... | 9,698 mètres. |
| Effet utile..... | 43,641,000 k. m. |

L'effet utile du cheval diminue lorsque son service est fractionné, mais il reste toujours très-avantageux, même dans ce cas; ainsi à Blanzy, au puits de Lucy 3, un cheval transporte 64 berlines à 540 mètres, provenant d'un chantier, et 128 berlines à 240 mètres pour un autre chantier, ce qui donne pour l'effet utile du cheval et de son conducteur 32,300,000 kilogrammètres.

Ces chiffres établissent un effet utile très-élevé pour le cheval, et démontrent en même temps que cet effet utile pourrait encore être augmenté. Un parcours de moins de 10 kilomètres en dix heures de travail est en effet trop faible, et la charge moyenne (de 18 waggons) pourrait aussi être augmentée. Mais les chantiers d'abatage ont en général de la peine à entretenir suffisamment les chevaux, de telle sorte qu'il y a toujours une assez grande proportion de temps perdu.

M. Cabany estime que le rouleur placé dans les meilleures conditions des mines d'Anzin peut transporter

en moyenne 3 tonnes de charbon à 1 kilomètre, dans sa journée, et que le cheval placé aussi dans les conditions les plus favorables peut transporter dans le même temps 60 tonnes à 1 kilomètre.

### BERCEAUX PORTEURS ET CAGES.

Les documents qui précèdent tendent à établir que le waggon qui se généralise le plus pour les roulages souterrains est celui qui contient de 6 à 7 hectolitres, et pèse de 800 à 900 kilogrammes, poids utile et poids mort compris.

A mesure que les waggons de mine ont augmenté de poids et de capacité, les manœuvres qu'on leur faisait subir autrefois sont devenues plus difficiles et plus onéreuses. Ainsi, lorsqu'un waggon chargé arrivait en tête d'un plan automoteur, on devait lui faire faire un virement pour le dégager de la direction des chassages et l'engager sur la voie perpendiculaire du plan; la même manœuvre se répétant en bas sur le waggon vide. Ces virements, bien que facilités par des plaques de fonte, présentent des difficultés sur des waggons chargés pesant 800 kilogrammes, et deviennent impossibles pour ceux qui atteignent le poids de 1,300 à 1,400 kilogrammes.

On a rendu tous ces mouvements faciles et rapides en employant des *berceaux* ou *porteurs* montés sur un train et déjà engagés sur la direction convenable. Le

waggon arrive du chassage supérieur, de manière à *s'encager* dans ce berceau, et parcourt ensuite le plan incliné en conservant sa direction première, qui se trouve précisément la direction du chassage inférieur.

L'ouvrier du dessus n'a ainsi qu'à pousser le waggon de manière à le placer dans le berceau, et l'ouvrier du dessous n'a qu'à le tirer pour le faire sortir : manœuvres faciles, puisque le waggon ne quitte pas les rails.

La planche V représente, figures 1 et 2, un berceau employé pour les plans automoteurs, dans les diverses exploitations d'Anzin. Ce berceau est entièrement construit en fer et fonte. L'arc qui sert à régler l'inclinaison du train, relativement à la plate-forme horizontale, porte au besoin plusieurs trous, de telle sorte qu'on puisse faire varier cette inclinaison et que les mêmes berceaux puissent être successivement employés sur des plans automoteurs dont l'inclinaison varie, condition essentielle pour un matériel de ce genre.

Les figures 3 et 4 représentent une cage dite *récepteur*, pour les changements de niveau. Ainsi un waggon arrivé au niveau de réception doit être descendu à un niveau inférieur : le récepteur est d'abord fixé par un verrou dans la position convenable pour que l'ouvrier puisse pousser le waggon et l'*encager*. Cela fait, il ouvre le verrou à l'aide du levier qui le gouverne; le contre-poids du récepteur ayant été réglé de manière à être entraîné par la charge, la descente s'opère jusqu'au niveau inférieur. Le mouvement est régularisé par un frein.

On a employé dans les travaux souterrains que les

freins les plus simples. Pour un plan automoteur, ce sera un levier faisant abatage sur une poulie; pour le récepteur, planche V, le frein s'obtient par une légère compression qu'on lui fait subir entre les guides.

Ce sont tous ces mouvements automoteurs, ce sont tous ces artifices pour éviter les virements et les fausses manœuvres, qui caractérisent un roulage bien organisé. On est surpris de voir ces mouvements complexes s'exécuter avec précision et rapidité.

Grâce à ces moyens, le roulage sera obtenu avec un personnel réduit, et si l'on vient à calculer le prix de revient, on verra que ces perfectionnements se traduisent par des différences plus considérables qu'on ne l'aurait cru possible au premier coup d'œil.

Les transports par galeries horizontales, par plans inclinés automoteurs, ou par écluses sèches verticales, ont pour but d'amener les waggons aux accrochages où ils doivent être reçus par les cages spéciales, guidées dans les puits qui servent à les élever au jour.

La cage qui doit contenir les waggons est faite suivant la grandeur de ces waggons et suivant la section disponible du puits. Ainsi, par exemple :

Dans les anciens puits du Nord et du Borinage, à sections étroites, lorsqu'on a voulu développer l'extraction, on a placé quatre waggons superposés dans une même cage (planches I et VII).

Dans les puits à grande section, récemment foncés dans les bassins de Charleroi et du Pas-de-Calais, on adopte des cages rectangulaires à deux étages seule-

ment, dans lesquelles on place deux waggons à chaque étage (planches II et X). Cette disposition facilite le chargement et le déchargement des cages.

A Mons, au puits n° 12 du Grand-Hornu, M. Glepin a placé jusqu'à huit petits waggons dans une cage à quatre étages.

Lorsqu'au contraire les waggons sont de grande dimension et contiennent 12 hectolitres comme à Blanzy, on en place seulement deux superposés dans une même cage.

La cage chargée de ses waggons est en quelque sorte l'unité de l'extraction. Si l'on en extrait 15 par heure, 150 par jour, toute imperfection dans sa construction répètera 150 fois son influence. Il est donc essentiel de choisir les meilleurs types de construction, c'est-à-dire ceux qui réunissent les meilleures conditions de solidité et de facilité de manœuvres.

On a d'abord construit les cages d'extraction en bois et fer; mais ce genre de construction est fort lourd, le poids de la cage arrivant à être égal au poids total de la houille et des waggons qui la contiennent. On surcharge ainsi les câbles d'un poids mort exagéré qui a le grand inconvénient de réduire leur durée et d'augmenter les chances de rupture. Les cages doivent être entièrement en fer, pour être aussi légères et aussi solides que possible. On peut les construire en fers méplats, mais on trouve dans le commerce des fers d'angle et des fers à T qui conviennent particulièrement.

La cage représentée planche I est employée à Anzin

pour recevoir quatre waggons superposés. On a étudié sa construction en fers méplats, fers d'angle et tôles, de manière à réduire autant que possible le poids, sans nuire à la solidité. Les angles sont abattus d'un côté afin que ces cages puissent être rapprochées du cuvelage et que la section du puits se trouve complétement utilisée. Dans ces conditions, le poids s'est trouvé :

| | |
|---|---|
| Fer et cornières..... | 655 kilogrammes. |
| Tôle..... | 220 |
| Fonte ..... | 32 |
| Parachute..... | 218 |
| Poids total de la cage..... | 1,125 kilogrammes. |

Cette cage reçoit 2,000 kilogrammes de charbon chargé dans quatre waggons, qui pèsent eux-mêmes 720 kilogrammes; le poids mort se trouve donc de 1,845 kilogrammes, soit, y compris les ferrures d'attache, à peu près égal au poids utile qui est élevé.

La cage employée au nord de Charleroi (fosse n° 4), planche II, contient quatre waggons de même construction que ceux d'Anzin. Les waggons sont placés bout à bout, sur deux étages seulement, et les poids se trouvent réglés comme suit :

| | |
|---|---|
| Cage..... | 900 kilogrammes. |
| Quatre waggons vides.... | 780 |
| Charge..... | 1,600 |

Il faut ajouter au poids mort celui d'un parachute, système Fontaine, pesant 325 kilogrammes.

Cette cage est uniquement composée de fers mé-

plats, et les détails de sa construction démontrent que l'on peut, au besoin, se passer des fers spéciaux employés dans les cages, planches I et VII.

Dans le Nord et le Pas-de-Calais, les fosses récemment établies, et dont le matériel a été étudié par MM. Cabany et de Bracquemont, ont adopté le système de cages à deux étages de $1^m,50$ chacun, portant à chaque étage deux waggons juxtaposés, comme il est indiqué planche X, de telle sorte qu'ils puissent être tirés latéralement et non suivant l'axe du bâtiment.

Dans l'exemple représenté planche X (fosse n° 2 de Nœux), la cage, de $3^m,50$ de hauteur, y compris le parachute, pèse 1,560 kilogrammes, et cependant elle ne contient que 1,600 kilogrammes de houille. Cela provient de ce que le fer se trouve mieux employé pour porter la charge par waggons superposés, que lorsque les waggons sont juxtaposés.

On s'est beaucoup préoccupé dans ces derniers temps d'amortir par des ressorts le choc qui se produit lorsque, par un effort subit, la machine d'extraction vient à tendre le câble de manière à vaincre l'inertie de toute sa masse et enlever la charge. Ce moment de l'*enlevage* tend particulièrement à détruire le câble au point où il est ployé sur la molette ; souvent il se produit aussi des ruptures vers l'attache de la cage, même dans des câbles neufs, qui paraissent bien fabriqués.

Pour amortir ces chocs, on a placé le boulon de traction dans un ressort spirale, qui se comprime avant que la cage puisse être enlevée. La disposition indiquée

planche VI, figures 1 et 2, a été appliquée au charbonnage du Boubier près Charleroi. La base du ressort est contenue dans une boîte *c*, de telle sorte que la compression est déterminée par la course *ab* jusqu'à la base inférieure du boulon de traction.

On enlevait ainsi à la fois deux waggons contenant ensemble environ 800 kilogrammes de houille; le waggon inférieur s'accrochant aux essieux du waggon supérieur, et celui-ci se trouvant enlevé par un châssis guidé.

Les ressorts, dans ces formes et dimensions, peuvent être fabriqués de manière à n'être comprimés que par un effort de 1,200 à 1,500 kilogrammes. Si donc ils n'amortissent pas le choc résultant de l'enlevage du câble, celui de la charge en poids mort et poids utile se trouve amorti, de telle sorte que les inconvénients signalés disparaissent en grande partie.

Ces essais conduisirent M. Guibal à des conclusions plus radicales; il place les ressorts sous les molettes mêmes, ainsi que nous l'indiquerons plus loin. Cela est sans contredit préférable, mais les ressorts d'attache sont encore une précaution excellente, même avec les ressorts de molettes, parce qu'ils doivent donner à tout l'ensemble une élasticité favorable à la conservation des câbles. Les chaînes, les attaches, les ferrures de toute sorte qui unissent le câble d'extraction à la charge se conserveront nécessairement beaucoup mieux, lorsqu'elles seront préservées de tout choc violent par l'interposition d'un ressort.

Ce but semble rempli lorsqu'on fait usage de parachutes dont la construction nécessite aussi l'interposition d'un ressort; mais ce ressort, généralement comprimé sous un effort de 200 kilogrammes, est toujours beaucoup trop faible.

### PARACHUTES.

Les parachutes sont des additions indispensables aux cages qui doivent servir à la descente et à la remonte des ouvriers. Les cages se trouvant placées dans tout leur trajet entre deux guides formés de longuerines solides et rigides, on a cherché tout naturellement des appuis sur ces guides, dans le cas où le câble viendrait à se rompre, et l'on a imaginé une série de parachutes, presque tous brevetés, dont le nombre s'élève aujourd'hui à plus de trente.

Ces parachutes, la plupart de construction très-logique, consistent soit en leviers armés de griffes qui s'étendent par l'effet d'un ressort, lorsque le câble est rompu, et dont les griffes viennent s'implanter dans les guides; soit en galets ou secteurs excentriques, qui embrassent les guides, et qui, en cas de rupture, sont tournés par un ressort de manière à serrer les guides; d'autres présentent des verroux qui sont lancés dans des coches que portent les guides.

Tous ces principes sont bons, si l'appareil est exécuté avec précision et solidité, de manière à ne pas faire défaut au moment de la rupture du câble. L'appa-

reil le plus généralement appliqué, et le seul en faveur duquel on ait des données pratiques suffisantes pour en recommander l'usage, est le parachute Fontaine; il est employé aujourd'hui dans plus de cinquante fosses de France et de Belgique.

Le parachute Fontaine est, en quelque sorte, l'œuvre de la Compagnie d'Anzin; on y a étudié les détails de construction, les formes et les dimensions des pièces, de telle sorte que l'on trouve dans les modèles adoptés par cette Compagnie un exemple recommandé par une longue expérience. On y tient une note exacte de tous les accidents qui se produisent, et de 1851 à 1859, sur 14 fosses qui étaient armées de parachute, il a été constaté 29 ruptures de câble, après lesquelles le parachute a fonctionné de manière à préserver la vie de 150 ouvriers. Cette statistique donne au parachute Fontaine un caractère tout à fait exceptionnel.

La planche VI indique, figures 3, 4 et 5, le système de construction adopté par les ateliers d'Anzin.

Deux bras en fer, *bb'*, articulés à leurs extrémités supérieures en *cc'*, se trouvent fixés par une traverse commune à la tige verticale *c*, qui est elle-même accrochée au câble; le prolongement inférieur de cette tige passe librement au milieu d'une seconde traverse fixée à la cage; traverse qui sert à la fois de guide aux deux bras à griffes et de butée à un ressort à boudin *a*, qui entoure la base de la tige.

Ce ressort, lorsque la tige est suspendue au câble, est comprimé dans la boîte; mais si le câble vient à se

[illegible] à la [illegible] les [illegible] qui vont implanter leurs griffes dans les guides.

La [illegible] inférieure, figure 4, [illegible] dans un plan vertical et en même temps [illegible] qu'ils ne puissent pas prendre une position trop inclinée et par suite se briser.

L'expérience a prouvé que la plupart des ruptures de câbles ont eu lieu au moment de l'ascension des cages; que, dans ce cas, par suite de la force vive imprimée à [illegible] et de la vitesse avec laquelle fonctionne l'appareil, les griffes du parachute ont le temps de s'implanter dans les guides avant que le sens du mouvement ait été changé : cela explique pourquoi la cage se trouve arrêtée sans aucune secousse, ainsi qu'il résulte du rapport de la plupart des ouvriers qui ont été préservés par le jeu du parachute.

Le ressort, pièce essentielle de cet appareil, est quelquefois exposé à se briser : mais dans ce cas les fragments maintenus dans la boîte suffisent encore pour déterminer le mouvement. Cependant plusieurs constructeurs ont remplacé le ressort à boudin par des ressorts simples, composés de lames d'acier superposées, ou par des ressorts doubles à pincettes; dans ce cas le parachute employé n'en est pas moins le parachute Fontaine, de sorte que le nombre des fosses auxquelles il se trouve appliqué est en réalité supérieur à celui que nous avons précédemment indiqué.

Depuis un an, M. Fontaine a introduit dans la construction de son parachute un perfectionnement intéressant, qui est représenté planche VIII.

Dans cette disposition, le parachute est muni de deux ressorts *aa'*, chacun d'eux agissant isolément sur un des bras *bb*. Il résulte de cette indépendance des deux griffes, que dans le cas où les guides se trouvent à une distance inégale de l'axe de la cage, chaque bras parcourt le chemin nécessaire pour aller trouver le guide correspondant et s'y implanter. Ajoutons que le ressort étant la pièce la plus délicate et la plus essentielle du parachute, il est avantageux d'en avoir deux plutôt qu'un seul.

Tous les parachutes, même ceux à roues ou secteurs excentriques, planche VII, ont pour pièce essentielle un ressort qu'on ne saurait rendre trop solide et trop énergique. Sous ce rapport les ressorts à bandes d'acier présentent peut-être plus de garanties. Les ressorts à boudin sont généralement comprimés sous un effort de 200 kilogrammes, tandis qu'on peut porter à 500 kilogrammes et au delà la résistance des ressorts à lames superposées. Ces ressorts agissent dès lors, non-seulement comme élément du parachute, mais aussi comme moyen d'amortir le choc, à l'enlevage de la cage, choc qui réagit sur les attaches et sur la partie inférieure du câble.

On remarquera encore sur la planche VIII une addition intéressante introduite aux accrochages par M. Cabany.

Des verroux de sûreté, EF, ont été disposés de telle sorte qu'il n'est pas possible d'enlever la cage avec la machine, sans l'assentiment des chargeurs de l'accrochage. Ces verroux, qui existent pour chaque guide, sont maintenus dans l'inaction par un contre-poids P; mais une fois la cage posée à l'accrochage, on peut, en faisant agir un levier, fermer le double verrou et tenir la cage prisonnière.

Cette précaution peut être très-utile, lorsqu'on retire ou qu'on charge des bois, et lorsqu'il y a des hommes à monter ou à descendre; elle prévient tout malentendu qui pourrait déterminer un accident.

### CLICHAGES.

Le *clichage* ou *cliquage* sur lequel les cages sont reçues, soit à l'intérieur du puits, aux accrochages des niveaux d'exploitation, soit au jour, aux divers niveaux de réception, forme, en quelque sorte, le complément de la construction du matériel souterrain.

Si la cage est à quatre étages, contenant quatre waggons superposés, il faut que le clichage soit double, de telle sorte que la cage se trouve bien soutenue, et que la réception des waggons puisse se faire à la fois à deux niveaux différents. Un seul mouvement opéré par le machiniste amènera ensuite les deux waggons restés dans la cage sur les clichages du déchargement; de telle sorte qu'en deux poses ou manœuvres, la cage aura

été débarrassée de ses quatre waggons pleins, qui auront été remplacés par quatre waggons vides destinés à être immédiatement descendus.

On voit dès lors que dans une cage à quatre étages, la distance entre les rails qui supportent les waggons 1 et 3 doit être la même que la distance entre les rails qui supportent les waggons 2 et 4.

La manœuvre se fait de la même manière pour les cages à deux étages ; mais, dans ce dernier cas, il n'y a qu'un seul niveau de réception, ce qui simplifie beaucoup le service. Lorsqu'en effet on a deux niveaux de réception, il faut nécessairement établir une écluse sèche, qui permette de descendre au niveau de versage les waggons pleins reçus à un étage supérieur. La même écluse remonte les waggons vides.

Les écluses sèches, que l'on trouve indiquées sur plusieurs des dispositions d'ensemble, notamment sur les plans de la fosse Villars à Denain, et de celle de Nœux (Pas-de-Calais), consistent en deux récepteurs identiques à ceux qui sont représentés planche V, figures 3 et 4. Ces deux récepteurs attachés à un même câble, passant sur une ou plusieurs poulies, s'équilibrent; celui qui se trouve au niveau supérieur reçoit le waggon plein, tandis que celui d'en bas a reçu le waggon vide; la différence des poids détermine l'ascension. Un frein régularise ce mouvement automoteur.

Le clichage le plus ordinairement employé se compose de quatre taquets en fer forgé soutenus par des supports, ainsi qu'il est indiqué planche II, pour les

Des verroux de sûreté, EF, ont été
sorte qu'il n'est pas possible d'enlev
machine, sans l'assentiment des cha
chage. Ces verroux, qui existent
sont maintenus dans l'inaction par
mais une fois la cage posée à l'a
faisant agir un levier, fermer le
la cage prisonnière.

Cette précaution peut être tr
ou qu'on charge des bois, et l
monter ou à descendre; elle
qui pourrait déterminer un

ouvre.
s mobiles
ports, de ma-
redescend.
, cette cage est
ce moment, l'ou-
aide du levier, et

eur relèvement par
diverses dispositions;

Le *clichage* ou *cliq*
ques, soit à l'intérieu
niveaux d'exploitati
veaux de réception
plément de la cons
Si la cage est à
gons superposés
telle sorte que
la réception de
niveaux diffé
machinist
dans la cag
sorte qu'

après la disposition
Charleroi, suffit pour
anisme.
un autre système de cli-
verroux sont placés
dès qu'il s'agit
passer soit au moment
de sa descente.
on le voit,
exprimant aux
il est à la fois
ver-

roux, afin d'établir une préférence en faveur d'un des deux systèmes, nous serions disposé à donner cette préférence aux taquets. Ce dernier système ne présente, en effet, aucun danger pour le matériel ; la cage, en montant, soulève elle-même les taquets, et l'ouvrier clicheur ne doit les manœuvrer que pour laisser passer la cage à la descente. S'il oublie de faire cette manœuvre à temps, la cage se posera sur les taquets avec un choc plus ou moins rude, mais sans grand accident possible.

Avec les verroux il faut, au contraire, que l'ouvrier clicheur ait ouvert pour le passage de la cage et fermé pour sa réception. La manœuvre est double et présente, par conséquent, plus de chances d'oubli. L'accident qui peut résulter d'un choc à la montée serait même bien plus grave, en ce sens que si ce choc déterminait une rupture du câble ou des attaches, la cage retomberait dans le puits, en brisant tout sur son passage. On obviera à ces inconvénients par des contre-poids qui établiront la position rentrée comme position normale des verroux ; mais il faudra, dans ce cas, un arrêt pour maintenir leur fermeture lorsque la cage doit s'y poser, et la possibilité d'un accident se trouve maintenue, dans plusieurs éventualités du moins, à un degré plus prononcé qu'avec les taquets.

Le nombre des clichages dépend à la fois de la construction des cages et du nombre des niveaux de déchargement.

Ainsi les cages à quatre étages, planches I et VII, doivent être débarrassées en deux poses seulement ; il faut

donc deux niveaux de déchargement et, par conséquent, deux clichages rendus solidaires par des manivelles et par des tringles qui les relient. Ces niveaux de déchargement sont surélevés de telle sorte qu'on puisse verser les charbons sur les cribles, etc. Un troisième niveau, et par conséquent un troisième clichage, est nécessaire au niveau même du sol, de sorte qu'on puisse introduire dans les cages les bois et matériaux de construction, sans avoir à les monter au niveau du versage, c'est-à-dire de 3 ou 4 mètres. Quant aux cages à deux étages, planche II, elles n'exigent que deux niveaux et sont supportées à chacun d'eux par un clichage simple. Pour en retirer les quatre waggons pleins et les remplacer par les waggons vides, les deux étages sont successivement placés au niveau convenable par deux manœuvres de la machine d'extraction.

### DE LA TRACTION MÉCANIQUE DES WAGGONS.

Un progrès entièrement à réaliser consisterait dans l'établissement, à l'intérieur des mines, de tractions mécaniques pour le roulage, de manière à remplacer sur les voies principales le travail des rouleurs par celui des machines.

Cette traction a déjà été établie pour certains cas particuliers, par exemple lorsqu'il s'agissait de faire monter les trains sur des plans inclinés, voisins du puits d'extraction. Dans ce cas, des câbles peuvent en effet

être organisés et mis en mouvement par des tambours placés à la surface. Des poulies de renvoi, solidement encastrées au bas du puits et à tous les points où les câbles doivent subir un ploiement, maintiennent les directions convenables, et les transmissions de mouvement ainsi obtenues ont souvent permis d'exécuter économiquement des portions de roulage qui eussent été impossibles ou fort onéreuses par les moyens ordinaires.

Dans les houillères anglaises, ce mode de transport est beaucoup plus répandu que dans celles du continent. Nous citerons quelques exemples récemment observés par M. de Bracquemont.

A Monkwearmouth-Colliery, dans le bassin de Newcastle, deux câbles de 1,800 mètres de longueur, et de $0^{m},35$ de diamètre, enroulés sur un tambour disposé vers l'orifice du puits d'extraction, passent sur des poulies de $3^{m},10$ de diamètre, placées sur un chevalet spécial, descendent verticalement par un petit compartiment du puits, à la profondeur de 327 mètres, sont renvoyés horizontalement par des poulies de même diamètre que celles du jour, jusqu'à une distance d'environ 80 mètres, où ils sont adaptés au service d'un plan incliné à double voie, sur 1,275 mètres de longueur. Les convois se composent de 70 waggons portant ensemble 35 tonnes de houille.

M. de Bracquemont cite également, à Killingworth-Colliery, une machine placée à la surface pour opérer au fond la traction sur un plan incliné de 500 mètres

donc deux niveaux de décharge ... tal moti...
deux clichages rendus solidai... 1 mètre de
par des tringles qui les reli... au bouveau de
gement sont surélevés de ... composaient de
les charbons sur les cribl... es de charbon. Le
par conséquent un tr... deux câbles y cir-
au niveau même du sol ... la galerie, attaché
dans les cages les bo... tie supérieure de la
sans avoir à les m... assage sur une poulie
à-dire de 3 ou 4 m... endant la descente du
planche II, elles n... machine était libre et
portées à chacun... poulies sur lesquelles
retirer les quat... de diamètre.
les waggons ... ope, une machine dans
placés au ni... tement la traction des
la machine ... ans la difficulté d'y faire
... suffisante à 350 mètres
... un bouveau de 800 mè-
...stallation à la surface.
...rès de lui, le mécanicien
... la position du convoi
...e signaux le mettait en
...es waggonniers.
...xploitations anglaises des
...ransports souterrains exé-
... à l'intérieur.
... près Newcastle, on a in-
... horizontale de $0^m,70$ de

diamètre et de 2m,50 de course, avec deux tambours pour le transport des waggons dans la galerie principale, qui a 2,500 mètres de longueur et qui ne présente qu'une pente de 0m,003. Les dispositions adoptées sont décrites ainsi qu'il suit par M. de Bracquemont.

Un des câbles est sur le sol et l'autre à la partie supérieure de la galerie; tous deux sont supportés et guidés par des rouleaux. Une poulie de 2m,30 de diamètre les réunit à l'extrémité de la galerie. Cette galerie n'a qu'une voie, sauf 210 mètres de voie double auxiliaire. Quand un convoi composé de 110 waggons pleins de charbon est arrivé des tailles à la voie de garage, l'un des câbles est attaché à l'avant et l'autre à l'arrière du convoi; la machine mise en mouvement amène le convoi sur toute la longueur de 2,500 mètres en neuf minutes, en faisant dérouler l'autre câble qui sert à reconduire un convoi de vides et, par conséquent, à ramener au fond de la galerie le câble destiné à prendre un nouveau convoi de pleins.

Les waggons vides pèsent 224 kilogrammes et la charge est de 448 kilogrammes; c'est donc un poids de 48 tonnes de charbon qui peut être transporté trois fois par heure; soit en dix heures 480 tonnes, c'est-à-dire toute l'extraction d'un puits.

On ne trouverait pas en France, ni en Belgique, une seule houillère dans laquelle l'allure d'une couche permît l'exploitation en vallée sur 500 ou 1,200 mètres d'inclinaison, ou bien le transport de 4,000 à 5,000 tonnes, sur 2,500 mètres de chassage, comme dans les houillères

de Newcastle, précédemment citées. Sous ce rapport, comme pour beaucoup d'autres perfectionnements, nous ne pouvons donc espérer des résultats aussi avantageux que ceux qui sont obtenus dans les houillères anglaises; cependant la traction mécanique peut être utilement établie sur une échelle plus petite, et nous pensons que nos exploitations pourront en tirer parti dans quelques circonstances.

Ce qui probablement s'adapterait le mieux aux conditions de la plupart de nos houillères, surtout dans celles du centre et du midi, c'est l'emploi des machines à l'intérieur, soit qu'on fasse la vapeur à la surface et qu'on la dirige vers les machines avec toutes les précautions nécessaires; soit qu'on installe les chaudières dans la mine même en employant un puits d'aérage comme cheminée. Des applications utiles ont été déjà faites en ce sens dans les mines du Gard, où l'on s'est servi de locomobiles pour exploiter certaines couches en vallée. Dans Saône-et-Loire et dans la Loire, ainsi que nous le verrons dans le chapitre consacré à l'épuisement, on a établi des machines pour refouler l'eau directement du fond jusqu'au jour, et l'on s'en est bien trouvé.

Les moyens de traction mécanique par des tambours placés au jour et des câbles ployés sur poulies de renvoi ne peuvent-ils pas d'ailleurs être utilement appliqués à des transports moins importants que ceux qui viennent d'être cités, par exemple aux transports effectués dans les bouveaux qui aboutissent directement

aux puits d'extraction. Ne peut-on même pas admettre que ces moyens de traction pourraient être renvoyés quelquefois dans les longues galeries d'allongement ou chassages perpendiculaires aux bouveaux?

Le parti remarquable qui a été tiré des câbles en fil de fer pour transmettre des forces à de grandes distances, et la nécessité de réduire dans une grande proportion le personnel employé dans les travaux souterrains, nous autorisent à penser que la solution de ce problème n'est plus très-éloignée.

### CABLES EN CHANVRE OU EN ALOÈS.

Les câbles d'extraction, destinés à pénétrer dans le sol, à des profondeurs toujours croissantes, deviennent un des outils les plus essentiels de l'exploitation. Non-seulement ils s'usent rapidement, mais leurs ruptures sont fréquentes, de telle sorte qu'ils sont à la fois un élément de dépense et d'accidents.

Il y a trente ans, on n'enlevait par les machines d'extraction que des bennes chargées de 6 à 8 hectolitres de houille, à des vitesses de 1 mètre par seconde. Les puits avaient d'ailleurs des profondeurs moindres qu'aujourd'hui, de telle sorte que les câbles pouvaient satisfaire assez facilement aux exigences du service. Il n'en est plus ainsi : les machines d'extraction doivent enlever à la fois de 15 à 25 hectolitres de houille, à des vitesses de 4 à 12 mètres par seconde; de plus, le

poids mort à enlever est presque doublé par l'emploi des cages, emploi indispensable pour obtenir de pareilles vitesses.

Ainsi, pour le cas des cages et waggons spécifiés planche I, la charge, à l'attache du câble, se trouve de 2,000 kilogrammes en charbon, et 2,000 kilogrammes en poids mort et attaches, ensemble 4,000 kilogrammes; ce poids à élever est augmenté dans une proportion considérable par celui du câble.

On conçoit que dans de pareilles conditions le calcul et le choix des câbles constituent une des questions les plus délicates de l'extraction.

Nous considérerons d'abord les câbles en chanvre ou en aloès, ne nous occupant que des câbles plats à six aussières, tels qu'ils sont fabriqués par la généralité des corderies.

Les câbles d'extraction doivent avoir des sections beaucoup plus fortes que celles qui résulteraient d'expériences et de calculs sur leur résistance réelle. Il faut, en effet, que ces câbles résistent le plus longtemps possible, alors même que par le travail ils auront perdu une partie notable de leur force et de leur élasticité.

M. Demot, fabricant de câbles au Grand-Hornu et à Valenciennes, pose en principe que la charge d'un câble, en chanvre ou en aloès, ne doit pas dépasser de 65 à 70 kilogrammes par centimètre carré de section.

Pratiquement, pour tenir compte des inégalités de la surface d'un câble plat, et de la déformation produite

par la couture transversale dont la compression latérale ovalise les aussières, on calcule la section en multipliant seulement par cinq le diamètre d'une des six aussières.

M. Cabany, ingénieur en chef des travaux du jour à Anzin, est à la fois fabricant et consommateur de câbles d'extraction. Nous lui devons des communications relatives à la résistance des câbles qui, en présence de la pénurie de renseignements où l'on se trouve, offrent le plus grand intérêt.

M. Cabany établit d'abord que le poids du mètre courant étant donné, pour un câble plat conditionné en six aussières cousues, sa largeur et son épaisseur se trouvent en même temps déterminées. Il suffit pour ce calcul de savoir : que le poids du mètre cube de câble cousu et commis est de 1,000 kilogrammes pour l'aloès, et de 1,100 kilogrammes pour le chanvre.

Or, le poids supporté par le câble ne doit jamais dépasser 1,000 kilogrammes de charge par kilogramme du poids de ce câble au mètre courant.

Cette règle suffit pour donner toutes les garanties de solidité désirables ; mais comme le câble doit non-seulement supporter la charge attachée à son extrémité, mais encore son propre poids, les dimensions qui en sont la conséquence croîtraient avec une rapidité onéreuse et bientôt impossible, à mesure que les puits deviennent plus profonds. On a donc été forcément conduit à adopter d'une manière presque générale des câbles coniques.

Le poids du mètre courant de câble plat formé de six aussières étant désigné, les conditions de sa fabrication, c'est-à-dire sa hauteur et sa largeur, se trouvent en même temps fixées. Si, par exemple, le câble doit peser $5^{kil},50$ le mètre, le poids d'une aussière sera évidemment $\frac{5,50}{6}$, et, la pesanteur spécifique de l'aloès et du chanvre confectionnés en corde étant connue, les dimensions de l'aussière se trouvent déterminées. La largeur du câble plat, commis et cousu, sera égale à peu près à cinq fois seulement le diamètre d'une aussière ainsi déterminée; quant à son épaisseur, qui est la dimension la plus importante à connaître, elle peut être évaluée à $\frac{6d}{5}$ en désignant par $d$ le diamètre d'une aussière. Quand le câble est neuf, cette épaisseur est en réalité encore plus forte; mais l'usage la réduit presque immédiatement à ce chiffre.

On appelle *câbles coniques* les câbles à section croissante, depuis l'attache de la charge jusqu'aux bobines d'enroulement.

Ces câbles se fabriquent aujourd'hui d'une manière continue et par conséquent sans épissures, au moyen de la suppression successive d'un certain nombre des fils qui composent les aussières. Il en résulte qu'à chaque changement dans le poids du câble, il y a diminution de largeur et d'épaisseur.

L'inconvénient qui résulte de cette variation dans les dimensions du câble est peu de chose, comparativement aux nombreux avantages que présente un câble

ur du puits d'extraction

s.

en effet le seul dont la construc-
ar dérouler dans un puits de 400 ou
rofondeur un câble à section uniforme,
artie inférieure sera chargée de 4,000 kilo-
mes, par exemple, tandis que la partie supé-
ieure, vers la molette, en supportera 8,000, c'est évi-
demment une dépense inutile de chanvre et de force.

Une seule considération est mise en avant en faveur d'une section uniforme, c'est la faculté de retourner le câble lorsqu'il a servi pendant un certain temps.

L'avantage de cette mesure est contesté par un grand nombre de praticiens. Un câble s'use principalement vers les deux extrémités; l'extrémité du bas, parce qu'elle est souvent mouillée et exposée à des chocs, ou même à des ploiements qui altèrent le chanvre et le câblage; l'extrémité supérieure, surtout vers les ploiements sur la molette et sur la bobine, au moment de l'enlevage de la charge, parce qu'il se produit sur ces points infléchis des chocs très-violents.

Pour obvier à ces causes de destruction du câble, le meilleur moyen, c'est d'avoir sur la bobine une réserve de 50 mètres environ, et de couper de temps en temps 5 ou 6 mètres de câble à l'extrémité, de manière à renouveler les attaches et à changer en même temps les points d'inflexions et de chocs sur la molette et sur la bobine. Lorsqu'on a pris ces précautions, le câble s'use plus uniformément, de telle sorte que lorsqu'il est mis

au rebut, il n'y aurait pas possibilité d'en prolonger l'usage en le retournant. Le câble s'usant simultanément par les deux extrémités, on peut même dire qu'il y a le plus souvent un danger réel à le retourner après un long usage. L'extrémité vers l'attache s'est en effet usée d'une manière visible; mais quant à celle qui avoisine la molette et la bobine, elle est altérée sans que cela puisse être apprécié par un simple examen du câble. Cette partie a conservé une bonne apparence, et pourtant les aussières sont énervées, les âmes sont brisées et les chances de rupture peuvent être imminentes sans qu'on les soupçonne.

Le câble conique, lorsqu'on a pris la précaution d'avoir une réserve enroulée sur la bobine, s'use dans les meilleures conditions; il a dans ses diverses parties des sections proportionnées aux efforts qu'il doit subir, et au moment de l'enlevage, les parties qui avoisinent la molette et la bobine ne sont pas fatiguées par des poids inutiles. Il ne peut pas se retourner, mais on peut dire qu'il n'y aurait aucun avantage à le faire.

Le décroissement se règle à 1/2 kilogramme par mètre et les bouts sont de 100 à 125 mètres, suivant les exigences indiquées par le calcul dont le tableau ci-après fournit un spécimen, tableau qui peut être continué pour des puits plus profonds en augmentant de 1/2 kilogramme chaque reprise de câble dont la longueur est réglée de telle sorte que la traction n'atteigne pas 1,000 kilogrammes par kilogramme de câble au mètre courant.

Ainsi, dans un exemple récent, ayant un poids de 2,200 kilogrammes à extraire d'un accrochage situé à 522 mètres, M. Cabany a fabriqué un câble conique pesant au petit bout $3^{kil},10$ et ayant ainsi à enlever 720 kilogrammes par kilogramme au mètre courant. Ce câble pesait au gros bout 5 kilogrammes par mètre et supportait 820 kilogrammes par kilogramme du poids au mètre courant. Son prix fut de 3,560 francs. Un câble à section uniforme, portant 820 kilogrammes par kilogramme au mètre courant, aurait pesé 7 kilogrammes par mètre et coûté 6,384 francs. L'économie procurée par le câble conique a donc été de plus de 40 pour 100 pour les frais de premier établissement, et l'usure ne s'exerçant que sur une somme de 60 pour 100, l'entretien a encore doublé cette économie.

Ajoutons que les machines d'extraction se trouvent notablement soulagées par les réductions de poids qui résultent du système des câbles coniques. Telle machine qui ne pouvait plus faire le service avec des câbles à section constante l'a fait, au contraire, avec facilité dès qu'on leur a substitué des câbles coniques.

Cela posé, voici un exemple du calcul établi par M. Cabany pour la fosse Villars dont l'accrochage est à 375 mètres de profondeur.

Le poids de la cage avec les berlines pleines, les attaches et le parachute, est de 1,000 kilogrammes; c'est le système indiqué planche I. Le premier bout de câble, de 125 mètres de longueur, devant supporter cette charge, plus son propre poids, est établi à $5^{kil},50$

par mètre courant; le second bout, de même longueur, à 6 kilogrammes; le troisième à $6^{kil},50$.

D'où résulte le tableau suivant, qui résume les efforts de traction exercés sur les diverses parties du câble déroulé et mis en charge au moment de l'élevage.

| LONGUEUR DES MISES | POIDS DU MÈTRE. | POIDS SUPPORTÉ PAR KILOGRAMME. | |
|---|---|---|---|
| | | Extrémité inférieure. | Extrémité supérieure |
| Mètres. | | Kil. | Kil. |
| 125 | 5.50 | 727 | 852 |
| 125 | 6 | 750 | 906 |
| 125 | 6.50 | 812 | 961 |
| 375 | Moyenne, 6 k. | Minimum, 727 k. | Maximum, 961 k. |

Pour une longueur plus grande, en augmentant de $0^{kil},50$ seulement le mètre courant, on serait obligé de diminuer la longueur des bouts.

Lorsqu'on calcule les sections successives d'un câble, d'après la méthode de M. Cabany, si l'on veut réduire le poids de ce câble à son minimum et lui faire supporter un poids assez uniformément proportionnel à sa section, on est en effet obligé de faire varier très-souvent cette section et d'avoir, par conséquent, des mises de plus en plus courtes. On a soin de faire supporter un faible effort aux mises les plus rapprochées des attaches, parce que ce sont celles qui fatiguent le plus par l'eau dont elles s'imbibent et surtout par les ploiements auxquels elles sont assujetties; ce point de départ permet de régler d'abord la longueur des mises à 100

ou 125 mètres, mais il faut ensuite la réduire à 75.

Voici, par exemple, un calcul qui s'appliquerait à un câble de fonçage destiné à descendre à une profondeur de 1,000 mètres, profondeur qui n'a jamais été atteinte, mais dont on peut dès à présent prévoir la possibilité.

| LONGUEUR DES MISES. | POIDS DU MÈTRE. | POIDS DES MISES. | CHARGE TOTALE DES MISES. | | POIDS PORTÉ PAR KILOGR. DE CABLE AU MÈTRE COURANT. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Extrémité inférieure. | Extrémité supérieure. | Extrémité inférieure. | Extrémité supérieure. |
| Mètres. | Kil. | Kil. | Kil. | Kil. | Kil. | Kil. |
| 100 | 3,50 | 350 | 2,000 | 2,350 | 572 | 672 |
| 125 | 4 | 500 | 2,350 | 2,850 | 581 | 713 |
| 125 | 4,50 | 563 | 2,850 | 3,413 | 634 | 759 |
| 125 | 5 | 625 | 3,413 | 4,038 | 683 | 808 |
| 125 | 5,50 | 688 | 4,038 | 4,726 | 735 | 859 |
| 100 | 6 | 600 | 4,726 | 5,326 | 788 | 888 |
| 75 | 6,50 | 488 | 5,326 | 5,814 | 821 | 895 |
| 75 | 7 | 520 | 5,814 | 6,334 | 831 | 905 |
| 75 | 7,50 | 563 | 6,334 | 6,897 | 845 | 920 |
| 75 | 8 | 600 | 6,897 | 7,497 | 862 | 937 |
| 1,000 | | 5,597 | | | | |

La dépense d'une exploitation en câbles est très-variable, suivant les conditions générales de l'extraction.

Dans nos houillères du centre, où les puits sont très-nombreux, on est obligé de maintenir, pour une même extraction, un plus grand nombre de câbles en activité que dans les houillères du Nord, où chaque puits extrait un chiffre plus considérable. En considérant l'ensemble d'une exploitation, et faisant abstraction de l'eau et des rochers extraits, on peut dire d'une ma-

nière générale que, dans ces houillères, la dépense est d'environ 1,000 francs de câbles par 100,000 quintaux métriques d'extraction. Dans plusieurs exploitations du Nord, cette dépense n'est que de 800 francs.

L'emploi des cages a notablement augmenté la dépense en câbles, ce qui tient à l'excès du poids mort dont le service se trouve surchargé. Ainsi, M. Glepin comparant la dépense en câbles au puits n° 8 du Grand-Hornu, alors que le service se faisait par cuffats, à celle du puits n° 12 où il avait établi le système des cages, arrive aux résultats suivants :

Un câble a extrait au puits n°8, 45,828 cuffats de charbons ou rocher, soit un poids utile de 79,660,492 kilogrammes, d'une profondeur moyenne de 290 mètres; ce qui fait 23,101,542,680 kilogrammètres. Ce câble, de $0^{m},17$ sur $0^{m},04$, pesait 2,149 kilogrammes, et avait coûté 3,653 francs; donc, on avait dépensé, pour 1,000 kilogrammes élevés à 100 mètres $0^{f},0158$. Le câble avait successivement fonctionné, sur les deux molettes, comme câble d'en dessus et comme câble d'en dessous; son service exprime par conséquent une moyenne réelle.

En tenant compte du travail total, y compris le poids mort, ce même câble représentait une dépense de $0^{f},0132$ par 1,000 kilogrammes élevés à 100 mètres.

A ce même puits, on substitua aux cuffats un système de cages guidées, et l'on employa des câbles décroissants, pesant en moyenne $5^{k},47$ par mètre. Les deux câbles ont élevé 99,872,560 kilogrammes de matières utiles de la profondeur de 355 mètres, et y com

pris le poids mort, 188,918,560 kilogrammes. Soit 67,066,088,800 kilogrammètres. Les poids des deux câbles ayant été de 4,580 kilogrammes qui ont coûté 7,786 francs, on a dépensé, pour 1$^{t}$,000 kilogrammes de matière utile élevée à 100 mètres, 0$^{f}$,0219, et pour le même travail, en y comprenant le poids mort, 0$^{f}$,0116.

En ne considérant que le poids utile, la surcharge occasionnée par l'emploi des cages est de 0$^{f}$,0061 par 1,000 kilogrammes élevés à 100 mètres.

En considérant tout le travail, y compris le poids mort, le guidage présente, au contraire, un avantage de 0$^{f}$,0016.

### CABLES EN FIL DE FER OU D'ACIER.

Les câbles en fil de fer tendent à se substituer aux câbles en chanvre et en aloès, surtout pour les puits profonds. Ils ont, en effet, sous le rapport de la force et de la légèreté, des avantages qui leur assureraient une préférence générale si l'on pouvait être sûr à la fois de la bonne qualité des fils de fer employés, et de la bonne fabrication des câbles. Mais la mauvaise qualité, malheureusement trop fréquente, de ces câbles, les ruptures subites qui en sont la conséquence, ont singulièrement affaibli la confiance des exploitants, et pour les câbles en fil de fer, plus encore que pour ceux de chanvre ou d'aloès, il faut voir, lorsqu'on en détermine les dimensions, un [illegible] force considérable.

Les fils de fer de bonne [illegible] moyenne résistent à

une tension de 65 à 70 kilogrammes par millimètre carré. Ainsi, le numéro 18, qui est très-employé dans la fabrication des câbles, et qui a un diamètre de 0m,0024, et par suite une section de 9 millimètres carrés 0,7, supporte une tension de 585 à 630 kilogrammes sans se rompre. Les conditions de résistance des fils les plus employés sont indiquées dans le tableau suivant :

| NUMÉROS. | DIAMÈTRES. | SECTIONS. | RÉSISTANCES. |
|---|---|---|---|
| | | mm. carrés. | |
| 18 | 0,0024 | 9.07 | 585 |
| 16 | 0,0027 | 5.72 | 371 |
| 15 | 0,0028 | 3.79 | 264 |
| 13 | 0,0018 | 2.56 | 185 |
| 10 | 0,0015 | 1.70 | 116 |

Mais ces résistances n'existent plus après le câblage, qui énerve le fil de fer par la torsion qu'il lui fait subir. Ainsi, par exemple, un fil de fer n° 17 essayé avant le câblage n'a rompu que sous une tension de 490 kilogrammes; essayé après le câblage, il a rompu sous un poids de 298 kilogrammes.

Pour apprécier largement cette cause d'affaiblissement, il faut donc compter, pour les fils de fer câblés, 50 pour 100 seulement de la résistance indiquée par l'essai des fils droits.

Les câbles plats en fil de fer sont aujourd'hui d'une fabrication très-courante, et s'emploient dans les puits guidés, où l'on ne craint pas de voir le câblage promptement altéré par la rotation des bennes. Cette fabrication est tout à fait analogue à celle des câbles plats en chanvre. Un câble est composé d'un certain nom-

aussières, six ou huit ordinairement, cousues transversalement par un toron de six ou huit fils. On admet dans le conditionnement un certain nombre de petits torons en chanvre, qui ont principalement pour but de faciliter le frottement des aussières, et de maintenir dans l'intérieur du câble une certaine quantité d'un mélange de graisse et de goudron appliqué à chaud, afin d'empêcher l'oxydation des fils.

Nous avons sous les yeux divers types des câbles plats employés pour l'extraction.

1° Fabrication Demot, d'Hornu.

| | |
|---|---|
| Largeur du câble..... | 0m,11 |
| Epaisseur..... | 0m,02 |

8 aussières de 4 torons et chaque toron de 4 fils n° 15.

Total, 128 fils n° 15.

Chaque toron de 6 fils a pour âme une cordelette en chanvre.

Le poids du mètre courant du câble est de 6k,40.

La force à l'emploi est évaluée par MM. Demot à 250 kilogrammes par centimètre carré du câble, soit pour 22 centimètres 5,500 kilogrammes. D'après la règle de M. Cabany, qui peut s'appliquer aux câbles en fil de fer, cette force serait de 6,400 kilogrammes.

Un second câble, fabriqué avec le même fil n° 15, porte :

| | |
|---|---|
| Largeur du câble..... | 0m,095 |
| Epaisseur..... | 0m,02 |

6 aussières de 4 torons et chaque toron de 4 fils. Total, 96 fils n° 15.

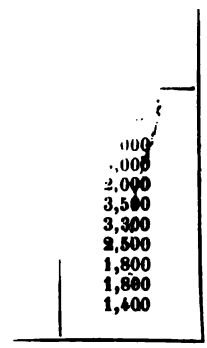
une tension de 65 à 70 kilogrammes par m
carré. Ainsi, le numéro 18, qui est très-emploj
fabrication des câbles, et qui a un diamètre de
et par suite une section de 9 millimètres carrés
porte une tension de 585 à 630 kilogramm
rompre. Les conditions de résistance des fil
employés sont indiquées dans le tableau sui

| NUMÉROS. | DIAMÈTRES. | SECTIONS. |
|---|---|---|
| | | mm. carrés. |
| 18 | 0,0034 | 9.07 |
| 16 | 0,0027 | 5.72 |
| 14 | 0,0022 | 3.79 |
| 12 | 0,0018 | 2.54 |
| 10 | 0,0015 | 1.70 |

Mais ces résistances n'existent plus
qui énerve le fil de fer par la torsion q
Ainsi, par exemple, un fil de fer n°
câblage n'a rompu que sous une te
grammes; essayé après le câblage, i
poids de 298 kilogrammes.

Pour apprécier largement cett
ment, il faut donc compter, pour
50 pour 100 seulement de la r
l'essai des fils droits.

Les câbles plats en fil de fer
fabrication très-courante, et s
guidés, où l'on ne craint pas d
tement altéré par la rotation d
tion est tout à fait analogue
chanvre. Un câble est compos




... ne fait pas sup-
...charges qui appro-
...lever théoriquement.
...es des câbles en fil de
...ais avec des câbles bien
..., on peut augmenter les
...e le poids des câbles eux-
...rochés aux câbles en fil de fer
...jours de défauts de fabrication
...i.

...r exemple, des exploitants négliger
...issage, si essentiel à leur conserva-
...doit se faire avec un mélange de suif
...t être renouvelé toutes les fois qu'il

Ce câble de 5 kilogrammes est m… …s pour les conditions moyennes d… …ble- fait supporter des efforts de 4,5…

2° Fabrication Plasson, de C… …s se fassent fabriqué avec le fil n° 18. …ylindriques.

…nombées déter-

Largeur du câble.....
Epaisseur.....

…ent en descendant 8 aussières de 10 fils chacune. …attachera par l'in-

Couture transversale espac… …ez long. 4 fils.

Poids du mètre courant, 6… …s d'amarrage ou les

Force à l'emploi, 6,000 k… …aines, bien câblées et

…rvent souvent à chaque

3° Fabrication Marchet… …quée dont on doit faire fabriqué avec le fil n° 12. …ant la patte d'amarrage

Largeur du câble..... …en les brins est inégale et
Epaisseur..... …le travail en détermine

6 aussières de chacune … On coupe alors le câble n° 12, dont un en âme. T… …rage; mais si on n'a pas

Poids du mètre coura… …dans les mêmes con-

Force à l'emploi, 6,0… …périt par portions suc-

Dans le bassin de C…

des câbles plats en fil … les épissures doivent donc beaucoup de donné… …lier; la planche VIII adopter. Le tableau … …on se trouve très-bien par un des fabricant…

indiquant les dim… …il est indiqué pour les traire, pour des p… …pour les épissures, planche VIII, deur, ces câbles … …de fer ayant la largeur du

épaisseur, de 11
diminue progressi-

uble tête, de 20 milli-
après les avoir fait re-
à gauche, tous les torons
fer. On serre ensuite ces
câble, et on introduit le tout
ment ouverte.
les rivets. Cinq rivets de 10 milli-
suffisent. On retourne sur la patte
torons en B'.
bords rabattus de manière à mieux em-
câble, ainsi que le fait voir la section
afin le verrou est maintenu par deux gou-

faire une épissure, c'est-à-dire ajouter deux
de câble, on pose deux pattes et on relie les ver-
sur une maille double (le verrou a 35 millimètres
mètre).

agrafes un peu longues qui résultent de ces
ssures n'éprouvent cependant aucune difficulté de
assage sur les molettes.

Les fabricants de câbles soit en chanvre ou en aloès, soit en fil de fer, éludent toute garantie et tout engagement relativement à la résistance et à la durée des câbles qu'ils fournissent. Ils obéissent, sous ce rapport, à une véritable nécessité, car il est bien difficile d'être sûr des matières premières que l'on emploie ; des câbles,

en est besoin, de telle sorte que les fils restent libres lorsqu'il y a enr... ment, extension, etc.

Il faut veiller à ce que les ... sur des molettes bien tourn... Des surfaces de molettes ... minent des altérations rap... ...taient

Pour éviter que les câ... ... cette con- et s'accumulant sur les ... des câbles à peu termédiaire d'un bout ... contrôle sur ces

On aura soin d'éta... re. En Angleterre, épissures sur des p... câbles un prix qui bien cousues. Les fa... ...nées à leur durée. extrémité une part... ...ée par nos établisse- le sacrifice; si... ...entre le fabricant de dans cette parti... ...lidarité d'intérêts qui où la couture... la promp... ...les câbles en fil de fer pour rem... ...manière exclusive aux coupé... ...s. On a même fait des dition... ...ls d'acier, qui auraient cessi... ...que les câbles en fil ... même prix.

... ...des câbles employés ... sont : 0m,35 de diamètre ... de fer et 0m,25 pour les ... les câbles plats les plus ... de largeur sur 0m,020 à ...

# CHAPITRE II.

## EXTRACTION.

### CHEVALETS, MOLETTES, BOBINES ET TAMBOURS, MACHINES D'EXTRACTION, BATIMENTS, DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

L'extraction pourrait être considérée comme comprenant toutes les opérations qui succèdent à l'abatage ; les transports souterrains s'y rattachent, en effet, d'une manière si intime, qu'on ne peut résoudre les questions relatives aux waggons et aux cages, sans se préoccuper en même temps de la machine qui opérera le montage, des moyens de versage, et par conséquent de la disposition générale qui sera adoptée.

Dans la succession des travaux des houillères, toutes les parties du matériel sont solidaires, tout doit être proportionné.

Depuis trente ans, les perfectionnements de l'art des mines ont permis de réduire le prix des houilles, en augmentant dans une proportion considérable le salaire des mineurs; mais c'est à la condition d'aider le travail de l'ouvrier par des moyens mécaniques puissants et économiques.

Ainsi, pour percer des galeries, abattre la houille ou le rocher, c'est l'activité et l'habileté de l'ouvrier mineur

qui sont la base du travail; les perfectionnements de l'outillage n'ont pu rendre les percements plus rapides, et cette partie de l'art des mines, dont l'ouvrier est le seul élément, ne s'est perfectionnée que par la méthode appliquée au déhouillement régulier et complet d'une couche. Dans la partie que l'on peut appeler mécanique, la transformation des houillères est au contraire si complète qu'on ne peut guère établir aucune comparaison entre un siége d'exploitation de 1825 et ceux de l'époque actuelle.

Ce que nous appelons un siége d'exploitation de 1825 existe encore aujourd'hui. Dans les localités où la houille est à peu de profondeur, et en couches puissantes, la facilité du travail exclut toute installation coûteuse. On fonce un puits de petit diamètre, 2m,50 à 3 mètres, qui doit exploiter un champ restreint, on y installe un petit chevalet à molettes, desservi par une machine de dix à trente chevaux, à peine abritée par un hangar. Cet appareil élémentaire, grâce à la profondeur peu considérable des travaux, une centaine de mètres par exemple, suffit pour extraire de 600 à 1,200 hectolitres par jour, et les verse sur le plâtre du puits, où toutes les manutentions se font à bras. On trouvera dans nos houillères du centre beaucoup d'établissements conformes à cette description: établissements modestes, suffisants pour le gîte qu'ils exploitent, et qui, pour beaucoup de cas, sont encore les plus logiques, parce qu'ils sont les moins coûteux, et que n'étant pas destinés à durer longtemps, le talent de l'ingénieur est ici

d'employer les procédés les plus simples et les plus économiques.

Ainsi, dans ce cas, point de machines spéciales pour l'épuisement, c'est la machine d'extraction qui tire l'eau avec les bennes; point d'appareils d'aérage, le courant d'air est établi par un ancien puits, ou par quelque fendue ou descenderie qui sert en même temps à la descente et à la remonte des ouvriers.

Supposons au contraire un siége d'exploitation heureusement placé, de manière à recouper plusieurs couches de houille, à 300, 400 ou 500 mètres de profondeur; il se compose de deux ou de trois puits destinés à résumer tous les services de l'exploitation future : extraction, épuisement, aérage, circulation des ouvriers.

Arrivé à la profondeur voulue, et après avoir atteint les couches, le puits d'extraction est arrêté. Des galeries de traverse ont été percées à deux niveaux différents (distants de 50 à 100 mètres). La galerie inférieure, ou bouveau de roulage, est celle qui sera consacrée aux services de l'exploitation; la galerie supérieure, ou bouveau d'aérage, recevra tous les courants d'air qui auront parcouru les travaux, et qui seront expulsés par le puits spécial muni des appareils d'appel. Les appareils d'épuisement, les échelles ou la warocquière, peuvent être placés dans un autre puits qui complétera le siége d'extraction.

Ainsi armé de machines puissantes répondant à toutes les éventualités, ce siége pourra étendre ses galeries d'allongement ou chassages jusqu'à 1,000 ou 1,500 mè-

tres de chaque côté ; lorsqu'un niveau sera épuisé, un fonçage sous-stock en aura préparé un autre, et l'exploitation pourra s'y poursuivre pendant une longue série d'années, de manière à amortir les dépenses considérables nécessitées par cette puissante installation.

C'est à cette question du matériel destiné aux divers services d'une grande exploitation houillère que nous avons cherché à répondre, en présentant quelques types des appareils qui nous ont paru complets et pratiques.

### CHEVALETS, CHASSIS A MOLETTES.

La construction du chevalet ou châssis destiné à porter les molettes est celle qui doit être d'abord déterminée, car sa disposition exerce une influence prononcée sur tout le reste de l'installation.

La hauteur des chevalets varie suivant celle des cages et suivant la disposition des niveaux de déchargement. En général, elle est de 10 à 16 mètres, non compris un soubassement de 3 à 4 mètres de hauteur qui s'exécute en maçonnerie.

Les chevalets peuvent être rapportés à deux types de construction distincts; ils sont à quatre montants dans l'intérieur desquels sont reçues les cages d'extraction, planche XII ; ou bien ils sont en porte-à-faux, la cage étant extérieure aux montants, planches XIII et XIV.

Les chevalets à quatre montants ont surtout été adoptés par les houillères du Nord et du Pas-de-Calais.

L'usage commence également à s'en répandre dans quelques houillères du centre.

Ces chevalets, non-seulement supportent les molettes, mais servent en outre de charpente principale pour la couverture du puits. Les planches XXX, XXXI, XXXII et suivantes, XL, XLI et suivantes, XLV et XLVI, indiquent des constructions faites conformément à ce point de départ.

Si l'on suppose un puits ainsi construit sans que les câbles soient couverts entre le bâtiment de la machine et celui de la fosse, on arrive à une grande simplicité de constructions, et par conséquent à l'installation la plus économique.

Cette installation est tout à fait convenable pour nos exploitations du centre qui ne sont pas dans l'habitude de couvrir les câbles; elle constitue un progrès évident sur les extractions en plein air, si fréquentes dans les houillères de la Loire, de Saône-et-Loire et de l'Allier, et n'est pas beaucoup plus coûteuse, puisqu'elle se borne à substituer aux chevalets en porte-à-faux des chevalets à quatre montants, évidemment plus stables. On couvre de voliges ou d'ardoises le chevalet et les appentis latéraux de construction légère. Cette simplicité convient surtout aux fosses qui n'ont pas en profondeur, ni en surfaces exploitables, un avenir qui permette de grandes dépenses de premier établissement.

Cette installation se prête d'ailleurs à toutes les exigences des plâtres. On peut établir le clichage à la hau-

teur que l'on veut, de manière à faciliter les versages sur grilles et les chargements, en supportant le chevalet sur une maçonnerie; on peut ménager tous les abris nécessaires à la circulation des waggons, et à la circulation des ouvriers receveurs, trieurs, etc.

A défaut de bois de chêne de dimensions suffisantes, les chevalets se font en sapin rouge du Nord.

La planche XII représente les deux élévations d'un chevalet appliqué aux puits de 4 mètres de la Compagnie d'Anzin. La hauteur de l'axe des molettes au-dessus du niveau de clichage est de 14 mètres. Ces molettes sont soutenues chacune par deux sommiers en chêne de $0^m,40$ d'équarrissage, posés eux-mêmes sur le châssis supérieur du chevalet, et supportés par quatre montants ou piliers de $0^m,35$ d'équarrissage. Ces piliers, reliés et contreventés par un système de traverses, sont encastrés dans quatre pieds en fonte, simplement posés sur quatre piliers en maçonnerie ; ces piliers étant reliés entre eux par des murs, et arc-boutés contre le reste des constructions.

La planche XII explique les détails de cette construction; il n'y manque que les pannes et les chevrons destinés à supporter la couverture en ardoises ou en voliges.

On remarquera sur ce tracé que dans le profil, figure 1, les deux piliers de l'arrière sont plus inclinés que les autres, de manière à agir en même temps comme poussards, de telle sorte que les résultantes des efforts exercés sur les câbles passent très-près de leur pied.

Les chevalets en porte-à-faux, planche XIII, sont généralement disposés de telle sorte, que les paliers des molettes se trouvent directement supportés par les deux piliers antérieurs ou par des pièces verticales placées entre les deux. Ces diverses pièces sont solidement moisées et reliées entre elles, de telle sorte que l'unité du chevalet soit parfaitement établie.

Dans ce modèle, adopté pour plusieurs puits des houillères de Blanzy, les paliers sont fondus sur plaques verticales, de manière à servir en même temps à la réunion des piliers antérieurs et des poussards. Un seul pilier vertical, pris dans les moises, supporte le double palier du centre, dans lequel sont reçus les deux tourillons des axes tournant en sens inverse.

Les quatre pieds en fonte du chevalet sont reliés entre eux par des tirants qui ne permettent aucun écartement.

La planche XIII indique, outre les molettes, quatre petites poulies établies sur le châssis supérieur. Ces poulies servent sur certains puits à soutenir et roidir des câbles verticaux faisant fonction de guides.

La planche XIV représente un double chevalet, de construction analogue, employé aux mines de Blanzy pour le service d'extraction par deux puits jumeaux.

Les chevalets en porte-à-faux peuvent, comme ceux du Nord, recevoir des couvertures plus ou moins complètes; on y ajoute, dans la plupart des cas, de simples auvents pour abriter les receveurs. Dans ces conditions de simplicité, on conçoit que leur installation est moins coûteuse que celle des chevalets complétement couverts;

aussi conviennent-ils spécialement aux puits qui doivent avoir peu de durée.

### MOLETTES.

Les molettes ont une grande importance pour la conservation des câbles; elles doivent être parfaitement centrées, solides et tournant bien sur leurs axes. Leur diamètre doit être suffisant pour que les câbles ne subissent pas une flexion trop prononcée; celui de 3 mètres paraît satisfaire à cette condition; dans plusieurs constructions récentes, surtout dans le bassin de Newcastle, ce diamètre a été porté à 4 mètres et plus.

La planche XI représente deux modèles de 3 mètres de diamètre.

Le premier, figures 1 et 2, est employé aux houillères de Blanzy. Il est entièrement en fonte et d'une seule pièce.

Le moyeu est allongé de telle sorte, que l'axe s'y trouve calé tout près des tourillons, et qu'il n'y ait aucun fouettement latéral. Le calage se fait aux deux extrémités, et un cercle en fer, mis à chaud sur la fonte, permet de le forcer sans faire éclater le moyeu. Le câble est reçu sur une jante de $0^m,23$ de largeur encaissée par des rebords de $0^m,11$ de saillie.

Cette molette pèse en moyenne 1,500 kilogrammes.

Mise en place, elle est solide, bien assise et d'un très-bon usage.

On emploie à Anzin des molettes de 3 mètres de

diamètre, dans lesquelles la jante de roulement est réunie au moyeu par des rayons en fer.

Ce système, importé d'Angleterre, a été perfectionné par M. Cabany, qui a substitué le fer creux au fer en barre, ce qui a permis de donner plus de diamètre aux rayons. Le dessin de la molette prend alors une apparence de solidité et une élégance qui en ont répandu l'usage.

Le modèle dessiné planche XI, figures 3 et 4, pèse 1,480 kilogrammes, ainsi composés :

| | | |
|---|---|---|
| Fonte ..... | 1,233 | kilogrammes. |
| 22 rayons en fer creux..... | 182 | — |
| Axe en fer forgé..... | 44 | — |
| Poids total ..... | 1,459 | kilogrammes. |

Auquel il faut ajouter le poids du sable avec lequel sont remplis les rayons en fer creux.

On remarquera que ce modèle a 0m,30 de largeur à la gorge, condition avantageuse même pour des câbles d'une largeur beaucoup moindre, parce qu'on évite ainsi les frottements latéraux qui tendent à user les coutures.

Les tourillons des molettes doivent présenter toutes garanties de solidité contre les chocs qu'ils peuvent avoir à supporter. A Blanzy, on leur a donné 0m,10 de diamètre, sur 0m,15 de longueur; à Anzin, où l'écartement des supports est moins considérable, le diamètre est de 0m,09 et la longueur de 0m,15.

On ne saurait trop insister sur la solidité et sur la précision dans l'ajustement des molettes; la conserva-

tion des câbles est à ce prix. Ainsi, un défaut de construction ou de montage peut avoir pour effet de rejeter le câble vers les rebords, où il s'use rapidement par les frottements latéraux qui coupent la couture. Dans certains cas, les irrégularités de la surface de roulement, par exemple un léger bombement vers l'axe, tendent à déformer les câbles et en accélèrent l'usure. Le mieux est donc que la surface de roulement soit tournée; le montage des axes doit être surveillé d'une manière toute spéciale.

La construction des paliers n'a jamais beaucoup attiré l'attention dans l'établissement des molettes ; on les fait généralement en fonte avec des coussinets en bois de gaïac, afin de ne pas avoir à les graisser. Mais l'idée est venue d'appliquer aux paliers eux-mêmes les ressorts que l'on a quelquefois appliqués aux cages, et, dans ce cas, leur construction se complique. La planche XXVI indique la disposition des ressorts et le détail de construction des paliers, tels qu'ils ont été établis par M. Guibal.

M. Demot, aujourd'hui cessionnaire du brevet de M. Guibal, s'exprime ainsi pour en recommander l'emploi :

« Il est reconnu que les chocs que subissent les câbles d'extraction à la partie de l'élevage, au moment de la mise en train de la machine, sont une cause de détérioration prématurée que l'on n'est pas parvenu à vaincre jusqu'ici, même en fortifiant beaucoup la partie du câble qui se trouve à l'élevage. Pour atténuer cet

effet destructif, les Anglais placent depuis longtemps un ressort à l'extrémité du câble, entre celui-ci et la charge. Par ce moyen, le but qu'on se proposait n'est pas atteint, parce que, l'inertie du câble restant à vaincre, le choc se produit. Frappé de ces graves inconvénients, M. Guibal, ingénieur et professeur à l'Ecole des mines à Mons, eut l'idée de suspendre les poulies sur ressorts et de substituer ainsi à la résistance absolue actuelle des molettes une résistance qui cède, en un mot de mettre en pratique la théorie du cheval qui se met sur ses traits avant d'entraîner la charge. »

Nous ajouterons que ces paliers à ressorts ont été appliqués à plusieurs fosses, en Belgique et à Anzin, et que l'on est satisfait des résultats.

Leur application a même donné des moyens nouveaux de surveillance. Supposons, par exemple, que la flexion normale des ressorts, sous la charge qui leur est imposée, soit égale à $0^m,07$; on placera une sonnette dont le levier sera atteint par la crapaudine du ressort, dans le cas où cette crapaudine descendrait $0^m,01$ plus bas.

Si donc, au moment de l'élevage, la sonnette vient avertir que la flexion du ressort a été de $0^m,01$ supérieure à la flexion normale, c'est qu'il s'est produit un obstacle, un frottement extraordinaire, ou bien que le mécanicien a lancé sa machine d'une manière désordonnée. S'il y a accident, on est prévenu assez tôt pour qu'il ne puisse avoir aucune conséquence fâcheuse; s'il y a négligence, on peut intervenir et réprimer une faute

qui, dans les conditions actuelles, reste toujours cachée.

Les chocs trop violents à la prise de charge sont probablement la cause de beaucoup de ruptures de câbles qui semblent inexplicables; de cette manière, on y remédie complétement.

On a même proposé un moyen encore plus efficace, c'est de placer un levier qui sera rencontré et mis en mouvement par les ressorts, lorsqu'ils arrivent vers l'extrémité de leur course possible, ce levier étant disposé de manière à fermer par une transmission de mouvement la prise de vapeur des cylindres et à mettre le frein en action. On obtient ainsi un arrêt de cages pour tous les cas d'accidents qui peuvent se présenter depuis leur prise en charge jusqu'à leur arrivée près des molettes. Pour faire baisser les ressorts au delà de leur flexion normale, dans le cas où les cages montent trop près des molettes, il suffira d'augmenter les dimensions des guides, de telle sorte que les mains qui les embrassent subissent un frottement considérable.

### BOBINES.

Les usages suivis en France et en Belgique ne permettent guère à un ingénieur d'adopter, pour une machine d'extraction, autre chose que des bobines et des câbles plats. La théorie du travail constant l'y oblige; théorie rarement appliquée d'une manière absolue, mais qui a permis cependant de renfermer dans des

limites généralement assez étroites les irrégularités de l'effort à produire par les machines d'extraction.

En Allemagne, on s'est beaucoup moins préoccupé du travail constant. La pratique y paraît avoir établi que le point essentiel de l'extraction était d'enlever de petites charges à de très-grandes vitesses, et de maintenir l'emploi des câbles en fer ronds et aussi légers que possible, sans s'inquiéter de leur équilibre.

Cette disposition, qui semble conseillée par une longue pratique des roues hydrauliques d'extraction au Harz, a été appliquée à la plupart des machines d'extraction des houillères de la Ruhr. On y emploie, au lieu de bobines, des poulies à gorge, où les câbles ronds sont accueillis et enroulés sur eux-mêmes.

A Saint-Etienne, on emploie encore quelquefois de grands tambours à diamètre constant, mis en mouvement par un engrenage. Le câble rond est accueilli sur ce tambour, de manière à s'enrouler par anneaux juxtaposés, tandis que l'autre se déroule.

Ces procédés ont le grand inconvénient de créer, pour les puits très-profonds, des efforts tellement irréguliers, qu'au moment où la charge arrive près du jour, le câble qui se déroule, ayant acquis par son développement en descente un poids supérieur à celui de cette charge, la machine doit agir comme frein et non plus comme moteur.

Les bobines au moyen desquelles des câbles plats s'enroulent sur eux-mêmes, en augmentant à chaque tour le diamètre de deux fois l'épaisseur du câble, pré-

sentent cet avantage, que le rayon d'enroulement étant à son maximum pour la cage chargée qui arrive au jour, et à son minimum pour la cage vide qui arrive au bas du puits, la différence de ces rayons, c'est-à-dire des bras de levier sur lesquels agissent les poids, peut compenser l'inégalité de ces poids. On peut ainsi obtenir un effort à peu près constant, qui devra être développé par la machine pour déterminer l'ascension de la charge; cet effort constant déterminera en même temps pour la machine motrice les conditions les plus favorables de régularité et d'économie.

L'emploi des bobines avec câbles plats est donc préférable sous tous les rapports, mais il ne faut pas le considérer comme parfait. Dans un puits d'extraction, rien n'est fixé pour bien longtemps. Ainsi, lorsqu'on fonce le puits, on a d'abord établi la machine et construit les bobines dans l'hypothèse d'une profondeur qui n'est pas toujours conforme aux prévisions, lorsque le puits est achevé. L'exploitation se fait ordinairement à plusieurs étages, et lorsqu'une cage descendue au plus bas va être enlevée, il arrive souvent que l'autre câble s'est accumulé sur l'autre cage arrêtée à un étage supérieur. Enfin, un étage est épuisé en quelques années, le puits est foncé à nouveau, et les conditions de construction qui avaient été exactement calculées pour les niveaux supérieurs ne conviennent plus après cet approfondissement.

Un autre fait vient encore rendre plus difficile l'application de la théorie de l'effort constant dans les ma-

C'est la nécessité, lorsqu'on place les bobines, d'avoir un excédant de 00 mètres. Ce supplément de lon- re pour permettre de couper, au bout de marche, les parties les plus fati- par exemple, les extrémités, surtout leurs accrochages et qu'elles se ploient sur les cages arrêtées aux niveaux su- également couper, après un certain , les parties qui subissent sur les mo- de l'enlevage. Il en résulte que deux mencent toujours leur service sur des dia- blement plus grands que ceux qu'ils au- lin.

riation du rayon initial est encore aggravée llongement et l'aplatissement que subit un uf. Cet allongement sera de 3 à 6 pour 100, et issement de 1/5 à 1/4.

En présence de toutes ces difficultés, le moyen le simple est de construire les bobines avec un petit diamètre, 1 m,20 par exemple; ce diamètre pouvant en- suite être augmenté par des fourrures ou par des mises de câbles qui ne se déroulent jamais, de manière à ob- tenir le rayon initial moyen le plus favorable au cas particulier dont on s'occupe.

Les divers modèles de bobines employés présentent quelques différences qu'il est utile de signaler. Ces pièces doivent offrir toute garantie de solidité, et, pour cela, on devra les caler sur des arbres de gros

diamètre; à Haine-Saint-Pierre, on donne 0m,45 de diamètre à l'arbre des bobines d'une machine de 110 chevaux. Le diamètre étant très-grand, le calage des bobines est plus sûr.

Le modèle du moyeu, ou estomac de bobine de Haine-Saint-Pierre, planche XV, est fondu d'une seule pièce. Les encoches latérales reçoivent huit bras en bois de chêne, solidement boulonnés, et dont les parties supérieures sont maintenues par un cercle en fonte.

Le câble et la fourrure souvent nécessaire pour obtenir le diamètre initial convenable sont fixés sur le cercle d'enroulement, au moyen de traverses en fer qui en pincent les extrémités.

A Saint-Etienne, les accrochages sont encore moins stables que dans les houillères du Nord, et l'on est forcé de remanier souvent les câbles pour en régler les longueurs. Ces remaniements obligent en général à dérouler complétement un des câbles, manœuvre qui prend du temps, et l'on a trouvé grand avantage à avoir une des bobines fixée avec des boulons transversaux sur manchon calé. Il suffit dès lors de retirer les boulons pour pouvoir faire tourner librement la bobine de manière à donner ou retirer du câble et régler avec précision les longueurs relatives.

La planche XVI représente les moyeux ou estomacs des bobines fixe et folle, construits par MM. Revollier et C°. Ces moyeux sont composés de deux pièces juxtaposées. Les figures 1 et 2 indiquent le mode de construction de la bobine fixe directement calée sur

un arbre en fer forgé. Les figures 3 et 4 montrent les deux parties de la bobine folle, réunies par six gros boulons qui traversent un manchon calé sur l'arbre. Il est évident que si l'on vient à enlever les six boulons, la bobine folle pourra tourner librement sur le manchon, tandis que l'autre restera fixe.

Dans les machines d'extraction construites à Haine-Saint-Pierre, l'arbre des bobines est en fonte, avec un diamètre de $0^{m},45$; les estomacs de bobines calés sur ce grand diamètre sont eux-mêmes très-pesants; les bras en bois de chêne sont réunis par des segments en fonte, enfin la poulie de frein, calée sur le même arbre, a un diamètre de 4 mètres. Cet ensemble présente, avec les paliers et les manivelles, un poids considérable, interposé entre les cylindres et les chocs qui peuvent se produire dans le puits; il remplace le volant et constitue une sorte d'enclume sur laquelle tous les chocs sont amortis.

La détermination du rayon initial des bobines est une des conditions essentielles de l'établissement d'une machine d'extraction. Le poids mort et le poids utile de la charge étant fixés par l'adoption des cages et des waggons; les dimensions et, par conséquent, le poids du câble étant également arrêtés; les formules mécaniques donnent le moyen de calculer le rayon initial d'enroulement sur les bobines, de manière à obtenir une résistance à peu près constante que le moteur devra surmonter.

Nous disons à peu près constante, car les conditions

de la longueur et des dimensions de câbles ne permettent pas toujours d'obtenir une résistance exactement identique. En général, on se borne à renfermer les inégalités des moments dans des limites assez restreintes, en obtenant un effort sensiblement égal au départ et à l'arrivée d'une cage.

Si même l'égalité de ces deux moments nécessitait des conditions gênantes ou onéreuses, telles qu'un diamètre initial trop petit, on laisse un excès de diamètre au moment de l'enlevage. Chaque extraction de cage se trouvant, en effet, séparée par un instant de repos nécessaire pour retirer les waggons pleins et les remplacer par des vides, les chaudières, au départ de la machine, ont toujours un excès de vapeur à la pression maximum; dès lors, on peut, à ce moment, obtenir de la machine un effort plus considérable que l'effort moyen. L'important est d'amener la charge au jour avec un effort encore assez grand pour que le mécanicien puisse arrêter court au moment où la cage vient à dépasser le clichage.

Pour régler ces conditions, on déterminera d'abord les conditions de l'égalité des deux moments du départ et de l'arrivée. On a pour cela les deux équations :

$$(P+Q+cl)\,r - QR = (P+Q)\,R - (Q+cl)\,r$$

$$\pi R^2 - \pi r^2 = le,$$

équations dont on trouvera la discussion dans les traités de mécanique, et notamment dans le traité d'exploitation de M. Ponson.

...is.

...

...est enroulé

...la charge

...QR

...jour

...Q + cl) r.

...ns indiquées par R et r, l'équation

...ansformée en

$$...Q - 2cl)\, r = (P + 2Q)\, R.$$

...plé R et r ; mais l'équation donne le rapport ... deux longueurs, c'est-à-dire entre le rayon ...al final.

...alcul permet de vérifier sur une machine établie ... des bobines sont dans un rapport convenable ; ...ort n'est pas convenable, le rayon initial qui doit être ...era obtenu par la formule

$$\pi R^2 - \pi r^2 = le.$$

...que l'on trace deux cercles concentriques dont les rayons ...ent dans la proportion indiquée ; pour avoir les dimensions ...elles des rayons, il ne restera plus à déterminer que l'échelle de cette figure.

Le rayon final R étant le résultat de l'enroulement du câble (dont on connaît la longueur et l'épaisseur) sur le rayon initial $r$, on pourra déterminer la surface de la zone d'enroulement. Cette zone est égale à un rectangle qui aurait pour hauteur la différence des deux rayons $R - r$, et pour base la circonférence moyenne, soit la demi-somme des deux circonférences décrites avec R et $r$.

On a obtenu précédemment le rapport qui doit exister entre les deux rayons R et $r$; supposons, pour rendre la marche du calcul plus facile à suivre [1], que le rapport trouvé soit :: 3 : 1.

Il sera facile d'en déduire le rapport qui existe entre la hauteur et la base du rectangle formé par la zone du câble enroulé; la hauteur sera en effet $R - r = 3 - 1 = 2$; la base ou demi-somme des circonférences sera $3{,}14\ (3 + 1) = 12{,}56$.

Le rapport de 12,56 à 2 est 6,28; donc le rectangle du câble enroulé contiendra 6,28 carrés dont le côté est $R - r$. Mais la surface de ce rectangle est d'ailleurs égale à la longueur du câble multiplié par son épaisseur; donc $\frac{le}{6{,}28} = (R - r)^2$, d'où

$$R - r = \sqrt{\frac{le}{6{,}28}}.$$

Pour obtenir la différence des rayons, c'est-à-dire l'échelle du tracé, il suffit donc de prendre la racine carrée de $\frac{le}{6{,}28}$; la valeur de $e$ est d'ailleurs déterminée par les nécessités de la construction du câble.

Grâce à ces calculs très-simples, tout administrateur d'une houillère pourra vérifier si les diamètres d'enroulement sont dans de bonnes conditions, et dans le cas où ils ne seraient pas tels, indiquer le diamètre initial qui devrait être adopté.

Il est facile de reconnaître si le diamètre initial est convenable en regardant opérer le mécanicien. Lorsque l'effort est à peu près constant, on le voit gouverner sa manœuvre avec assurance, et tenir toujours ouverte la vanne d'admission, jusqu'au signal donné par la sonnerie qui indique que la cage n'est plus qu'à 30 ou

[1] Les méthodes de calcul sont développées avec détail dans le [illegible]

40 mètres du jour. Si, au contraire, le diamètre est sensiblement vicieux, l'effort décroît rapidement; une fois que la rencontre des cages a eu lieu, le mécanicien est anxieux, il a déjà réduit l'arrivée de la vapeur qu'on entend siffler dans le robinet d'admission; il finit même, dans certains cas, par renverser le mouvement pour enrayer la machine et pouvoir l'arrêter au moment de l'arrivée de la cage.

L'importance du diamètre normal des bobines est ainsi mise en évidence; car il s'agit d'obtenir non pas une économie de combustible, qui presque toujours est insignifiante pour une machine d'extraction de houille, mais une régularité et une sûreté de marche essentielles au service.

En général les bobines pèchent par l'excès du diamètre auquel tendent les constructeurs de machines, pour accélérer la vitesse. Mais, outre que les hésitations naturelles du mécanicien font perdre le temps ainsi gagné, on trouvera, dans presque toutes les exploitations de France et de Belgique qui ont été puissamment établies, que les machines d'extraction ont du temps de reste, la vitesse de leur service étant supérieure à l'alimentation qui peut leur être fournie par les chantiers d'abatage. Un diamètre moyen d'enroulement de $2^{m},50$ correspond déjà à des vitesses de 300 mètres par minute, et si les manœuvres s'exécutent rapidement aux accrochages du fond et à la recette du jour, on arrivera facilement à obtenir quinze ou vingt ascensions par heure, même avec des puits de 400 mètres de profondeur.

MACHINES D'EXTRACTION A UN CYLINDRE, AVEC ENGRENAGE.

La machine qui doit donner le mouvement aux bobines et monter alternativement les deux cages est la partie la plus coûteuse d'un établissement d'extraction; sa force et son système de construction sont deux questions des plus importantes.

La force de la machine est d'abord déterminée par le poids suspendu au rayon initial de la bobine d'enroulement, et par la vitesse qui doit être imprimée à ce poids, composé de la charge et du câble. Le contrepoids formé par la cage vide, suspendue au rayon final de l'autre bobine, doit sans doute entrer en déduction; mais on est dans l'usage de n'en tenir qu'un très-faible compte, d'abord parce qu'il est essentiel d'avoir un excès de force; en second lieu, parce que le puits étant destiné à être approfondi par la suite, on doit nécessairement faire une large part à l'accroissement de force qui devra résulter de cet approfondissement pour la machine d'extraction.

On est même arrivé à de telles coutumes pour cet excès de force, que dans la plupart des cas les dimensions de la machine sont déterminées en dehors de tout calcul de charge et de câbles. Mais il est essentiel de ne pas procéder ainsi et de proportionner la force des appareils et surtout des cylindres à vapeur au travail réel qui est à exécuter.

Lorsqu'en effet la force d'une machine d'extraction

se trouve très-exagérée, non-seulement la dépense de premier établissement, en appareils mécaniques et constructions, est augmentée en proportion de cet excès, mais la dépense journalière en charbons, graisses, réparations de toute nature, est également augmentée de telle sorte qu'il en résulte une perte sérieuse pour l'entreprise.

Les conditions générales d'une extraction se rapportent principalement à deux types : le premier consistant à élever une charge utile de 1,000 kilogrammes à la vitesse moyenne de 2 mètres par seconde; le second consistant à élever une charge utile de 2,000 kilogrammes à des vitesses de 4 à 12 mètres par seconde, soit en moyenne 8 mètres.

Dans le premier cas, l'effort à produire, abstraction faite du poids des câbles, serait de 25 chevaux, et dans le second cas, de 200 chevaux.

Bien que l'emploi des bobines ait pour but d'équilibrer l'excédant de poids du câble déroulé par la différence des rayons d'enroulement; cependant, dans les puits très-profonds, cette condition ne peut être obtenue qu'approximativement, le poids des câbles étant supérieur au poids utile à enlever lorsque la profondeur dépasse 400 mètres, et d'autre part, le rayon initial nécessaire à la conservation des gros câbles ne permettant pas d'adopter de petits diamètres de bobines.

Nous avons supposé des vitesses moyennes de 2 et de 8 mètres par seconde; ces vitesses peuvent être réduites de moitié au moment du départ; mais pour les

MACHINES D'EXTRACTION A UN CY[illegible] pour
[illegible] de 250 che-

La machine qui doit d[illegible] trop vague lors-
bines et monter alterna[illegible] précise, et il est
partie la plus coûteus[illegible] mbre de kilogram-
sa force et son syst[illegible] qui agissent sur l'ar-
tions des plus imp[illegible] ogrammes appliqués
La force de la [illegible] ns entrer dans les dé-
le poids suspen[illegible] sur le piston doit
roulement, [illegible] arge totale augmentée
poids, comp[illegible] ilibre qui résulte de la
poids for[illegible] ement considéré comme
final d[illegible] ents des appareils et la
duelle[illegible] ertain de pouvoir mettre
très [illegible] ne vitesse qui s'accélère
d'a[illegible] n a vaincu l'inertie du
l'

[illegible] mode de calcul au profit de
[illegible] cette machine n'aurait qu'un
[illegible] drait un grand excédant
[illegible] que ce piston pût franchir
[illegible] ne se trouvait interposé
[illegible] l'arbre sur lequel sera ca-
[illegible] ne. L'arbre de la machine,
[illegible] pignon, de manière à avoir
[illegible] plus grande que celle des
[illegible] point mort. Cette dis-
[illegible] convient le mieux aux

. doivent faire régulière-
..urs par minute, tandis que
..s, les bobines doivent à peine en
... ize.

... s à un seul cylindre et à engrenage sont
... onvenables, lorsqu'on emploie des bennes
... ndées, auxquelles on ne peut guère faire parcourir plus d'une moyenne de 2 mètres par seconde. Elles sont encore préférables pour les puits peu profonds, dont le service n'exige pas des machines supérieures à 30 à 50 chevaux.

La planche XVII représente la disposition d'une machine horizontale de 50 chevaux, telle qu'on l'applique aujourd'hui d'une manière presque générale pour les petites extractions. Cette machine, d'un usage très-répandu dans le bassin de la Loire, a $0^m,60$ de diamètre au cylindre et $1^m,30$ de course. Elle donne le mouvement aux bobines par un engrenage, dans lequel le rapport du diamètre du pignon à celui de la roue est de 1 : 3.

La planche XVIII donne le détail d'un engrenage et des bobines pour une machine de construction analogue, mais de 30 chevaux seulement. Entre les bobines se trouve placée une poulie destinée à recevoir le frein.

On a beaucoup écrit contre les machines horizontales, et dans aucun cas leurs avantages n'ont été mieux démontrés que par leur application aux appareils d'extraction. En moins de dix ans, nous avons vu les machines à balancier disparaître de presque tous les établissements.

Dans la machine horizontale, tout le système se trouve attaché de près sur des massifs étendus et solides. Le mécanicien a pour ainsi dire toutes les pièces sous la main, la surveillance et l'entretien sont faciles; enfin on n'a plus à redouter les effets des chocs auxquels sont exposées les machines d'extraction, et qui se traduisaient si souvent par la rupture du balancier.

Les constructeurs sont arrivés, en France et en Belgique, à une disposition presque identique pour les machines d'extraction horizontales. Un bâtis en fonte, qui établit solidement la solidarité du cylindre et du palier qui reçoit l'arbre de la manivelle (planche XVII); un guidage présentant assez de surface pour ne point subir d'usure sensible et pour empêcher la tige du piston de peser sur le stuffing-box; une distribution qui permet de déterminer rapidement le changement de marche en avant et en arrière, et qui consiste généralement en une coulisse Stephenson, aux extrémités de laquelle sont attachées les barres de deux excentriques, tandis qu'un mouvement de levier permet de faire passer soit au centre de la coulisse, soit au-dessus, soit au-dessous, l'attache de la tringle qui donne le mouvement au tiroir.

Toutes ces conditions se trouvent remplies par les dispositions indiquées en plan et en élévation sur les planches XVII et XIX.

Les machines ainsi établies donnent le mouvement dans les deux sens à un appareil de bobines analogues à celui qui est indiqué planche XVIII. Ces machines, de

30 et 50 chevaux, sont toujours sans condensation et emploient la vapeur de 3 à 5 atmosphères. On y a souvent adapté des appareils de détente, mais ces appareils sont presque toujours laissés de côté, les mécaniciens trouvant qu'ils gênent les changements de marche.

Ce genre de machines, lorsqu'on l'adopte pour des forces plus considérables, par exemple pour des cylindres de $0^m,60$ à $1^m,20$, présente quelques inconvénients.

Le poids du piston tend à ovaliser le cylindre, ce qui conduit à le supporter en arrière par une tige passant à travers un stuffing-box placé sur le fond; quelquefois même cette tige est soutenue, comme en avant, par une glissière et des guides.

Mais l'inconvénient principal résulte, dans ce cas, des grandes dimensions qu'atteint le tiroir. La surface de ce tiroir, comprimée sur la table du cylindre par la vapeur à 3 ou 5 atmosphères, devient très-difficile à mouvoir; or, un des progrès essentiels réalisés dans la construction des machines a été précisément l'agrandissement des conduits d'admission et d'émission de la vapeur; c'est à cette condition que l'on a obtenu l'instantanéité et l'énergie d'action qui sont surtout nécessaires pour les appareils de mines. Mais plus on voudra appliquer aux cylindres à vapeur des lumières à grande section, plus les tiroirs deviendront grands et résistants à la manœuvre.

Dans les grandes machines, on a cherché à remédier à cet inconvénient en réduisant au minimum les sur-

Dans la machine horizon… …e du tiroir ; on trouve attaché de près sur … …s combinaisons des. Le mécanicien a pou… …même été jusqu'à sous la main, la surveillan… … Tous ces moyens enfin on n'a plus à redou… …sion des manœuvres quels sont exposées les … … habiles. se traduisaient si souvent … …on des tiroirs aux

Les constructeurs soi… …leur moyen est de gique, à une dispositi… …rs de Haine-Saint-machines d'extraction … …peur du tiroir d'équi établit solidemen… …e seul comprimé sur du palier qui reçoi… …; où il n'a plus à desche XVII) ; un guide… …à l'émission, sa surne point subir d'i… …tiers; dans ces deux tige du piston de p… …manœuvrer. bution qui permet … …mplacer les tiroirs par gement de marche … été quelquefois suivi généralement en … …hes XIX et XX se rapmités de laquell… …raction avec distribution par excentriques, tand… …M. Revollier et Ce, de Saintmet de faire passe… …niverselle de 1855, afin de au-dessus, soit au… …s de cette distribution qu'ils donne le mouvem… …ces fortes machines.

Toutes ces com… …machine, planche XIX, n'offre rien dispositions indi… …il indique la disposition généplanches XVII et … …dont la planche XX explique

Les machines … dans les deux sens … …employées sont à double recouvrement, à celui qui est … …r. On sait que ce mode de construc-

[illegible] même les plus grandes [illegible] [illegible] malgré une pression [illegible]

[illegible] 0m,40 de diamètre au cylindre et [illegible]. Nous reproduisons la description qui [illegible] la Commission par MM. Revellier :

[illegible] est à changement de marche, avec coulisse Stephenson [illegible]. L'admission et l'émission se font à [illegible] extrémité du cylindre, de manière à éviter les espaces [illegible], au moyen de deux soupapes de Cornwall SS, superposées et séparées par la base de l'une d'elles. Ces soupapes [illegible] enfermées deux à deux, à chaque extrémité du cylindre, dans une petite boîte cylindrique B. La base de la soupape S [illegible] de cloison, a une ouverture égale au diamètre intérieur de la soupape, pour le passage de l'introduction de vapeur. La soupape S repose sur une cloison de fonte séparant l'espace réservé aux orifices d'introduction OO de l'espace d'émission ou d'échappement de vapeur (figure 2, planche XX).

La partie supérieure de la boîte B, où est fixée la soupape d'admission S, est en communication directe avec la chaudière, lorsque l'on ouvre le clapet vertical ou vanne de mise en train *c*. Un double conduit dirige la vapeur dans chacune des deux boîtes B, ainsi que l'indiquent les flèches.

Les orifices OO d'introduction dans le cylindre sont d'une surface égale à 1/20 de la surface du piston ; l'orifice d'émission est égal à 1/5.

Les deux soupapes sont commandées par un même parallélogramme de leviers et de tiges *ll*, *l'l'*, mis en mouvement par un double levier L, qui reçoit directement le mouvement des excentriques, au moyen d'un tirant G, indiqué par un ponctué, et conduit par l'oscillation de la coulisse Stephenson.

La tige qui commande le levier *l* de la soupape d'émission S' passe de l'étage supérieur de la boîte B à l'étage inférieur, à travers la base ou cloison de la soupape S, au moyen d'un tube de

bronze *b*, qui l'enveloppe depuis le presse-étoupe *p* jusqu'à la base ou cloison de la soupape S. Un ajustage cylindrique dans le presse-étoupe *p* et un ajustage conique dans la base ou cloison maintiennent le tube et empêchent la vapeur de passer.

Le double levier L (indiqué par un ponctué) soulève alternativement les deux chappes CC', dans les douilles desquelles les tiges sont fixées à volonté par les vis *v*; un espace ou évidement E, ménagé dans les chappes CC', permet au levier L de soulever l'une des chappes C ou C', sans déranger en rien la position de l'autre, c'est-à-dire que cette disposition permet d'*ouvrir* l'une des soupapes en laissant l'autre fermée. Nous expliquerons plus loin tout le parti que l'on peut tirer de cette construction des chappes évidées CC'. Des ressorts à boudin, placés dans leurs boîtes en bronze *r*, appuient sur les tiges des chappes et aident à la fermeture immédiate des soupapes, lorsque le levier L laisse descendre la chappe qu'il avait soulevée.

Les petits leviers *ll'* qui soulèvent directement les soupapes SS' oscillent autour de leurs points fixes *oo'*, fixés aux flancs des boîtes B.

Tout l'appareil est monté sur la boîte B; un palier soutient l'arbre du levier L, et toutes les chappes et leurs tiges sont guidées dans leur mouvement vertical, soit dans les garnitures en bronze des presse-étoupes, soit dans les guides qui soutiennent les boîtes à ressorts *r*. On peut donc monter et démonter facilement la distribution, quand on juge convenable de la visiter. Il suffit d'ôter les quatre écrous qui maintiennent le couvercle de la boîte B, pour visiter tout le système.

Le mouvement des pièces étant ainsi établi, les excentriques agissent directement par leurs barres sur la coulisse Stephenson qui renvoie, par l'amplitude de son oscillation, le mouvement direct rectiligne sur le guide ou tirant horizontal G, qui commande le double levier L.

Celui-ci, soulevant alors les chappes C d'admission et C' d'émission, détermine l'admission à une extrémité du cylindre et l'émission à l'autre extrémité. Le mouvement décrit est celui

parallélogramme, les amplitudes des leviers étant les mêmes.

Au mouvement inverse des excentriques, l'oscillation et opération inverse a lieu, et le piston parcourt la course complète.

Cette distribution présente l'avantage suivant :

On a d'abord la faculté de retenir, à la fin de chaque course du piston, la vapeur qui remplit les espaces nuisibles et qui remplace, dans ce cas, l'avance des tiroirs. Il est, d'ailleurs, facultatif de vider complétement l'espace en arrière les pistons ou de garder la vapeur qui remplit les espaces nuisibles. La vapeur réservée (*ad libitum*) sert de coussin pour appuyer le piston sans contre-pression aucune, et pour aider la machine dans les passages des points morts. C'est un avantage pour les machines à grande vitesse.

Expliquons comment on peut faire la retenue de vapeur dont nous avons parlé.

L'espace E ménagé dans les chappes CC' permet au levier L de faire son oscillation complète en soulevant une chappe sans toucher à l'autre.

Les chappes CC' étant fixées à la même hauteur ou au même niveau par rapport à la position horizontale du double levier L, il est évident que le mouvement imprimé aux pièces aura un parallélisme complet, dans les deux boîtes B, dans le même temps et avec les mêmes amplitudes d'oscillation, c'est-à-dire que la soupape S d'admission s'ouvrira à une extrémité du cylindre en même temps que la soupape d'émission S' s'ouvrira à l'autre extrémité; elles resteront ouvertes le même espace de temps et se fermeront de même. Mais si, par exemple, on varie la hauteur des points de contact des têtes de leviers L avec les chappes CC', et ce au moyen des douilles à vis *v*, qui permettent de varier la position des chappes CC', ou simplement en introduisant une cale, en cuir ou caoutchouc, entre l'évidement E et l'espace parcouru par les têtes des leviers L; on fera rencontrer la chappe C par le levier L un instant après le soulèvement de la chappe correspondante C', et par suite on obtiendra une différence notable dans les mouvements. Ce qui revient à dire que : la

soupape d'émission se fermera un peu avant la fin de la course du piston, conservant alors la vapeur qui remplit les espaces nuisibles. On peut alors, avec la disposition des chappes et au moyen de cales superposées, varier à volonté les rapports réciproques dans le mouvement des soupapes. En combinant cette disposition avec les amplitudes d'oscillation différentielles que l'on peut déterminer au moyen du secteur denté et de la coulisse Stephenson, on obtient l'équivalent des meilleurs systèmes de détentes employés dans les machines.

En résumé, cette distribution de vapeur par soupapes a l'avantage : de réduire autant que possible les espaces nuisibles; d'employer, comme mouvement de leviers, un parallélogramme, facile à surveiller et à réparer; de n'exiger qu'un effort de 4 à 6 kilogrammes pour manœuvrer les soupapes; de réunir à la fois tous les avantages des meilleures détentes; d'être économique, par cela même qu'elle réduit autant que possible les espaces nuisibles; de faire l'admission et l'émission instantanées, sans aucune perte ni fuite; de pouvoir marcher et fonctionner, même avec de la vapeur en partie condensée, la disposition de l'émission étant telle que l'eau de condensation s'échappe d'elle-même sans gêner en rien la marche des soupapes.

### MACHINES A DEUX CYLINDRES CONJUGUÉS, HORIZONTAUX.

Tant que l'on employa, pour l'extraction, des bennes et des cuffats dont la vitesse dans le puits ne pouvait guère dépasser 2 mètres par seconde, la production d'un puits profond se trouvait singulièrement limitée. On employait alors exclusivement les machines à un cylindre avec engrenages, de manière à ralentir le mouvement de l'arbre des bobines, et les mécaniciens qui conduisaient ces machines s'exerçaient, pour activer le

service, à lancer d'abord les cuffats à des vitesses de 2 et 3 mètres par seconde, puis à réduire ces vitesses à 1 mètre et au-dessous dans les 50 mètres de la rencontre des cuffats dans le puits, puis enfin à reprendre la vitesse première jusque près du jour.

On ne songeait alors à augmenter l'extraction qu'en augmentant la capacité des bennes, qui, de 6 hectolitres, s'élevèrent bientôt à 24, par l'emploi des cuffats de $2^{m},50$ de hauteur.

L'adoption des cages guidées changea la direction des idées. En voyant les câbles se fatiguer rapidement, sous le poids supplémentaire qui résultait de ce système, on comprit qu'il était préférable d'enlever des poids modérés avec les vitesses les plus accélérées possible, et ces vitesses furent bientôt portées à 4, 8 et même 12 mètres par seconde.

Dans ces conditions de vitesse imprimée aux câbles, l'arbre des bobines se trouve atteindre la vitesse normale des machines de grande force, l'engrenage devient dès lors inutile. Mais pour commander l'arbre des bobines avec une force constante et pour obtenir la sûreté et la facilité de manœuvre encore plus nécessaires que par le passé, puisque les vitesses se trouvent plus que triplées, il est indispensable d'employer deux cylindres à vapeur accouplés sur des manivelles perpendiculaires.

Cette disposition a, comme conséquence, la suppression du volant, les bobines en faisant suffisamment fonction, et cette suppression étant, en réalité, un avan-

soupape d'émission se fermera un peu av… autant qu… du piston, conservant alors la vap… …x cylindre… nuisibles. On peut alors, avec l… …et donner… moyen de cales superposées, var… mouvement… ciproques dans le mouvement des … …rouve mise e… disposition avec les amplitudes … …disposition gé… l'on peut déterminer au moy… Stephenson, on obtient l'… …raction se trouv… détentes employés dans l… …me machine plu…

En résumé, cette distribution … …une locomotive… vantage : de réduire … …s'appliquent tou… bles; d'employer, comm… …machines à deux cy… gramme, facile à surv… …e de l'extraction… effort de 4 à 6 kilogrammes … réunir à la fois tous les … …raction à cylindres… d'être économique, … …ons résultats, nous… possible les espaces … …nes n'ont pas été bien instantanées, sans … …ement par les dis… fonctionner, même … …adoptées ou même la disposition d… sation s'échappe … soupapes.

MACHINES … …ans ce cas, et le défaut …nstaté est le manque …it dans les pièces du

Tant qu… …engrenage, surtout et des cu… …de diamètre entre guère dé… …jamais. Elle enlèvera puits pr… …elle enlèvera une employ… …rmale. La machine dre av… …aire, exposée à bou- ment … …r le tout, si la charge duisa…

C'est qu'au départ il n'y a réellement qu'un seul des deux cylindres accouplés sur lequel on puisse compter, et que cette force est appliquée sur un levier ou diamètre initial d'enroulement généralement supérieur à la longueur de la manivelle; il est donc nécessaire qu'un seul des cylindres suffise, au départ, à soulever toute la charge.

Souvent, la faiblesse de ces machines est résultée de ce qu'on ne s'est pas rendu compte de l'augmentation de force nécessaire pour satisfaire aux conditions de vitesse adoptées. Là où une machine de 25 chevaux suffisait autrefois pour un service de cuffats à la vitesse de 1 mètre à 2 mètres par seconde, il faut, aujourd'hui, pour enlever les cages à 4, 8 et 12 mètres par seconde, une machine de plus de 200 chevaux.

Pour les machines destinées aux services des mines, à l'extraction comme à l'épuisement, les désignations par force de chevaux devraient disparaître des traités de commande. Cette désignation se trouverait très-avantageusement remplacée par la définition détaillée du travail qu'on se propose d'effectuer, c'est-à-dire des poids à enlever et de la vitesse. Tout au moins, si l'on conserve l'usage de désigner une force en chevaux, devrait-on spécifier, en même temps, les dimensions des pièces principales, surtout des cylindres à vapeur.

Faute d'avoir pris cette précaution, il se produit des malentendus et des procès regrettables entre les compagnies d'exploitation et les constructeurs.

Les machines d'extraction à cylindres conjugués doi-

vent avoir un grand excès de force dans toutes leurs parties. Les arbres et l'appareil des bobines et du frein doivent surtout être très-massifs, pour résister aux chocs auxquels ces machines sont exposées et pour servir de volant.

Des cylindres de $0^m,65$ de diamètre et de $1^m,50$ de course, toutes les pièces de l'appareil étant, d'ailleurs, supposées en harmonie avec ces dimensions, suffisent pour extraire des charges utiles de 2,000 mètres, de profondeurs de 400 mètres et au delà, à une vitesse moyenne de 4 à 12 mètres par seconde. Cela est prouvé par les expériences multipliées résultant des machines montées dans ces conditions par les ateliers de Haine-Saint-Pierre.

Cependant ces dimensions ont été souvent dépassées, et nous avons vu, il y a quelques années, se multiplier les machines accouplées avec des cylindres énormes de $0^m,80$ de diamètre et de 2 mètres de course.

Ces dimensions considérables résultent de l'initiative de M. Glepin, lorsqu'il établit la fosse n° 12 du Grand-Hornu. Elles nous paraissent, en effet, nécessaires pour les puits qui doivent être ultérieurement foncés jusqu'à des profondeurs de 600 et 700 mètres, et pour des charges qui dépassent 2,000 kilogrammes en poids utile. Quant aux puits de 500 mètres et pour des charges de 2,000 kilogrammes, les diamètres de $0^m,65$ seront largement suffisants; enfin, quant aux profondeurs de 300 mètres et pour des charges qui ne dépassent pas 1,200 kilogrammes en

poids utile, on obtiendra les mêmes conditions de vitesse avec des diamètres de 0m,50 à 0m,55.

S'il fallait appliquer des dénominations en force de chevaux à ces diverses dimensions, nous les indiquerions comme suit :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 cylindres | accouplés | de 0m,50, | 60 | chevaux. |
| 2 — | — | de 0m,65, | 110 | — |
| 2 — | — | de 0m,80, | 160 | — |

nous trouvant, sous ce rapport, d'accord avec les usages de plusieurs de nos ateliers les plus importants; mais les détails qui suivent démontrent qu'en réalité ces efforts sont bien dépassés par suite de la vitesse considérable imprimée à la fois aux machines et aux cages.

Les planches XXI, XXII et XXIII présentent le plan et les élévations d'une machine à deux cylindres conjugués, construite par M. Quillacq, constructeur à Anzin, et établie sur plusieurs fosses, notamment à la fosse n° 2 de Nœux (Pas-de-Calais), dont les planches XL à XLIV indiquent les dispositions générales, et à la fosse Turenne à Denain, une des plus récemment organisées par la Compagnie d'Anzin.

M. Cabany a fait, à la fosse Turenne, une série d'expériences qui ont mis en évidence la puissance d'extraction de cette machine et qui font apprécier, en même temps, l'effet utile obtenu aux divers moments de l'élevage. Avant de citer ces expériences, nous signalerons les conditions de l'extraction de la construction, spécifiée d'ailleurs par les planches XXI et suivantes.

Les cylindres à vapeur ont $0^{m},60$ de diamètre et $1^{m},80$ de course.

Les orifices d'admission sont 1/18 de la section du cylindre et les orifices d'émission sont 1/9.

La détente Hanrez a été appliquée à ces tiroirs et l'admission de la vapeur a lieu au maximum pendant 63/100 de la course du piston.

La profondeur du puits était de 410 mètres au dernier accrochage, mais l'accrochage sur lequel les expériences ont été faites était à 385 mètres.

Les câbles sont en fil de fer et coniques. Du côté de l'attache aux bobines, ils pèsent $6^{kil},50$ le mètre, leur épaisseur étant de $0^{m},0165$ et leur largeur de $0^{m},115$. Du côté de la charge, ces dimensions sont un peu réduites, et ils pèsent seulement $5^{kil},50$ le mètre.

Le rayon initial est $1^{m},25$ sur les bobines pour 476 mètres de longueur de câble; pour la profondeur de 385 mètres, le rayon d'enroulement est $1^{m},43$, et $1^{m},40$ pour celle de 410 mètres. Le nombre de tours est, en conséquence, pour arriver à 57 mètres du jour:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| De 476 mètres, | 46 tours; | diamètre, | $2^{m},50$. |
| De 410 | — | 38 | — | — | $2^{m},80$. |
| De 385 | — | 31 | — | — | $2^{m},86$. |

Les expériences faites n'ont pas tenu compte des cinquante-sept derniers mètres, afin qu'ils ne fussent pas influencés par le ralentissement que le mécanicien était obligé de déterminer à ce moment pour pouvoir arrêter court lorsque la cage arrive au-dessus du clichage.

La cage montante, chargée de quatre waggons remplis

[redacted] donc enlevée de 385 mètres jusqu'à [redacted] jour, ayant pour contre-poids la cage vide [redacted] waggons avaient été retirés. Dans ces condi- on avait :

Pour le câble ascendant :

| | | |
|---|---|---|
| Poids du câble..... | 2,236 | kilogrammes. |
| Cage vide..... | 1,500 | — |
| Quatre waggons pleins..... | 2,156 | — |
| Total..... | 5,892 | kilogrammes. |

sur un rayon d'enroulement de $1^m$,43, ce qui porte le moment à 8,425.

Pour le câble descendant, on avait :

| | | |
|---|---|---|
| Poids du câble..... | 60 | kilogrammes. |
| Cage vide..... | 1,500 | — |
| Total..... | 1,560 | kilogrammes. |

Sur un rayon de déroulement de $2^m$,03, le moment était donc 3,168.

La différence des deux moments était par conséquent, au départ, de 5,257. Faisant le même calcul après le trente et unième tour, on trouve que la différence des moments était seulement de 2,046.

Les conditions ayant été ainsi réglées par M. Cabany, la machine fut mise en marche sous une pression de vapeur de 4 atmosphères dans les chaudières. Cette pression baissa un peu pendant les premiers tours, mais augmenta ensuite, de manière à différer très-peu de ce qu'elle était au départ.

La distance de 328 mètres a été franchie en 60 secondes. M. Cabany eut soin de constater les variations de la vitesse tous les cinq tours, et dressa le tableau ci-joint, qui résume toutes les circonstances de l'effet utile obtenu.

« Pendant les 31 tours de l'arbre des bobines, le travail total de la charge, 2,156 kilogrammes élevés à 328 mètres, a été, dit M. Cabany dans son mémoire, de 707,168 kilogrammètres en 60 secondes, soit 157 chevaux.

« La charge, au départ, étant de 5,892 kilogrammes, était, après 31 tours, de 3,338 kilogrammes, et, en moyenne, de 4,865 kilogrammes; la distance franchie était de 328 mètres; le travail produit a été de 1,595,720 kilogrammètres, ou 354 chevaux. Le contrepoids, au départ, était de 1,560 kilogrammes; au trente et unième tour, il était de 3,552 kilogrammes, en moyenne 2,556 kilogrammes; le travail produit a donc été de 881,992 kilogrammètres en 60 secondes, soit 196 chevaux. La différence, 713,528 kilogrammètres en 60 secondes, ou 158 chevaux, représente le travail des masses en mouvement.

« Le travail de la machine a été, d'après le tracé d'un diagramme, de 33,793 kilogrammètres par tour, et, pour 31 tours, de 1,047,588 kilogrammètres en 60 secondes, soit 232 chevaux. Le travail utile de la charge élevée représente donc 67 pour 100 du travail de la machine. »

**Machine Turenne. — Tableau général des expériences du 3 mars 1859.**

| DURÉE DES OBSERVATIONS. | NOMBRE DE TOURS DE L'ARBRE DES BOBINES. | MOTEUR | | | | CHARGE UTILE ÉLEVÉE | | | | MASSES ASCENDANTES | | | | MASSES DESCENDANTES | | | | RÉSUMÉ du travail en chevaux | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Vitesse des pistons. | Pression sur les pistons. | TRAVAIL | | Vitesse. | Charge. | TRAVAIL | | Vitesse. | Charge. | TRAVAIL | | Vitesse. | Charge. | TRAVAIL | | Du moteur. | De la charge utile. | Des masses en mouvement. |
| | | | | Kilogrammètres. | Chevaux. | | | Kilogrammètres. | Chevaux. | | | Kilogrammètres. | Chevaux. | | | Kilogrammètres. | Chevaux. | | | |
| 16″5 | 5 | 1m,09 | 11847k | 12913 | 172 | 2m,80 | 2156k | 6037 | 80 | 2m,80 | 5798k | 16234 | 216 | 3m,79 | 1782k | 6763 | 90 | 172 | 80 | 162 |
| 11″ | 5 | 1 ,63 | 10913 | 17790 | 237 | 4 ,44 | 2156 | 9582 | 128 | 4 ,44 | 5445 | 24175 | 322 | 5 ,44 | 2069 | 11255 | 150 | 237 | 128 | 172 |
| 8″ | 5 | 2 ,25 | 10037 | 22584 | 301 | 6 ,82 | 2156 | 13841 | 185 | 6 ,82 | 5119 | 32863 | 438 | 7 ,12 | 2390 | 17016 | 227 | 301 | 185 | 254 |
| 6″25 | 5 | 2 ,80 | 9528 | 26680 | 356 | 8 ,61 | 2156 | 18563 | 247 | 8 ,61 | 4777 | 41130 | 548 | 8 ,74 | 2697 | 22871 | 305 | 356 | 247 | 243 |
| 9″75 | 5 | 2 ,00 | 8510 | 17021 | 227 | 5 ,80 | 2156 | 12504 | 167 | 5 ,80 | 4442 | 25647 | 342 | 5 ,33 | 3009 | 16037 | 214 | 227 | 167 | 128 |
| 8″5 | 6 | 2 ,12 | 7634 | 16184 | 216 | 8 ,38 | 2156 | 18067 | 241 | 8 ,38 | 3546 | 29715 | 396 | 7 ,03 | 3367 | 23670 | 316 | 216 | 241 | 80 |
| 60″ | 34 | 1m,86 | 9387k | 17460 | 232.80 | 5m,47 | 2156k | 11793 | 157 | 5m,47 | 4865k | 26611 | 355 | 5m,75 | 2556k | 14697 | 196 | 232.8 | 157 | 159 |

Les planches XXI, XXII et XXIII indiquent comment se font les diverses manœuvres avec la machine de M. Quillacq. Le mécanicien a sous la main un volant et trois leviers.

Le volant à poignées sert à déterminer les changements de marche qui s'obtiennent par le mouvement des deux bielles fixées aux coulisseaux mobiles dans les coulisses Stephenson. Cette disposition a l'avantage de laisser en place les coulisses et les barres d'excentriques, de sorte que le mécanicien n'a qu'un faible poids à soulever.

Un levier permet d'agir sur le régulateur de mise en train, en réglant l'entrée de la vapeur. Un autre sert à ouvrir les robinets purgeurs des cylindres. Enfin, le troisième sert à ouvrir l'admission de vapeur dans le cylindre du frein.

L'usage des freins à vapeur est devenu presque général, et la planche XXIV représente la disposition adoptée par M. Quillacq et appliquée à la fosse de Nœux.

Le frein est principalement destiné à arrêter subitement la machine en cas d'accident; le mécanicien l'emploie cependant pour les manœuvres ordinaires, c'est donc à la fois un frein usuel qui doit être prompt et facile, et un frein de sûreté, qui doit être en même temps très-énergique.

Dans la Loire, on emploie, pour les freins de sûreté, un déclic qui décroche un poids; ce poids agit sur un système de leviers disposés à peu de chose près

comme sur la planche XXIV. On préfère aujourd'hui l'emploi de la vapeur. Un cylindre à simple effet, de 0m,35 de diamètre, sert, dans ce cas, à serrer le frein. M. Quillacq a simplifié la construction, en remplaçant l'enveloppe articulée que l'on applique souvent sur les poulies de frein, par deux sabots en bois, dont la pression suffit pour arrêter la machine et tenir au besoin les cages suspendues dans le puits, à une profondeur quelconque.

La planche XXV représente le plan et l'élévation d'une machine à deux cylindres conjugués construite par MM. Revollier à Saint-Etienne et appliquée sur plusieurs puits du bassin de la Loire. La disposition générale s'est rencontrée, comme on le voit, avec celle qui est adoptée par les constructeurs du Nord, mais les détails sont différents.

On remarquera d'abord que les tiges des pistons traversent à la fois les deux fonds des cylindres, de telle sorte qu'elles soutiennent les pistons sur les boîtes à étoupes. Un étrier fixé en arrière des cylindres protége le mouvement des tiges et empêche les accidents. Les barres d'excentriques terminées par les coulisses Stephenson sont mobiles et gouvernées par une vis agissant sur un secteur denté. Le mécanicien obtient ainsi une grande force et une grande sûreté de manœuvre.

La distribution se fait par tiroirs, mais MM. Revollier et Ce ont également appliqué avec succès à ces machines la distribution par soupapes. Une de ces machines, dont les cylindres ont 0m,80 de diamètre et

2 mètres de course, a été établie à Roche-la-Molière, où elle fonctionne dans de très-bonnes conditions. Cette distribution par soupapes ne s'est pas répandue, uniquement par une économie regrettable; elle est, en effet, d'une construction notablement plus coûteuse que les tiroirs.

### MACHINES A DEUX CYLINDRES CONJUGUÉS, VERTICAUX.

La machine à cylindres conjugués, horizontaux, est aujourd'hui la disposition la plus généralement adoptée. Mais on cherche les perfectionnements, et il est probable qu'on en trouvera.

La première idée de perfectionnement mise à exécution a été la substitution des cylindres verticaux aux cylindres horizontaux.

On reproche aux cylindres horizontaux : 1° de trop éloigner le mécanicien du clichage du puits, sa position devant être à côté des cylindres, de sorte qu'il puisse les gouverner et voir en même temps la position des manivelles; 2° de trop abaisser le sol des machines, ou du moins d'obliger à de grands frais de maçonneries, lorsqu'on veut exhausser le niveau de fondation des cylindres et diminuer ainsi l'inclinaison des câbles; 3° de présenter des défauts spéciaux, tels que l'usure des cylindres par les pistons.

On a donc cherché le perfectionnement, d'abord en plaçant les cylindres verticalement. Cette disposition est la plus usitée en Angleterre; elle permet de rappro-

[illegible] ge, ce qui facilite les si-
[illegible] d'exhausser l'arbre des bobines
[illegible] molettes.

[illegible] nde machine ainsi établie fut con-
[illegible] s de Haine-Saint-Pierre, ateliers pla-
[illegible] ministration éclairée de M. Hochereau, di-
[illegible] ant, et de M. Colson, ingénieur, dont on
[illegible] les études partout où il y a quelque pro-
mécanique à résoudre. Cette machine fut montée
[illegible] fosse n° 12 du Grand-Hornu ; elle a été décrite avec
beaucoup de détails par M. Glepin. Les premières dispositions ont été perfectionnées depuis.

Les ateliers de Haine-Saint-Pierre ont construit un grand nombre de machines horizontales pour l'extraction, et ces machines peuvent être citées parmi celles qui fonctionnent dans les meilleures conditions ; il est donc naturel de trouver dans l'étude des machines verticales une disposition qui présente un caractère nouveau et qui satisfait à toutes les conditions du problème. On peut dire que la préférence accordée aux machines horizontales est presque générale, mais le nouveau modèle de Haine-Saint-Pierre présente de tels avantages, qu'il est peut-être de nature à modifier cette préférence. Ce modèle est représenté par les planches XXVII, XXVIII et XXIX.

Une chambre longue et étroite, encaissée par deux murs solides, reçoit les cylindres à vapeur attachés par leur partie supérieure à la plaque de fondation, ou plutôt au bâti de $0^m,80$ de hauteur qui en fait fonction.

Cette chambre, en forme de fosse, peut être éclairée latéralement, le plancher de la salle se trouvant bien au-dessus du sol environnant, dont le niveau est marqué vers la base des cylindres.

L'arbre des bobines est supporté sur les deux bâtis. Une de ses manivelles a la forme ordinaire; l'autre M est prise sur une large poulie, de $1^m,75$ de diamètre, qui fait fonction de frein. Un cylindre à vapeur F est fixé sur le bâti correspondant, et applique, par le levier en bois G H, un sabot contre la partie inférieure de cette poulie.

Les cylindres à vapeur sont suspendus à la fondation par des entretoises, qui servent en même temps de guides ; ils ont $0^m,65$ de diamètre et $1^m,50$ de course. La tringle du tiroir est suspendue dans une coulisse, manœuvrée par une petite manivelle spéciale dont l'arbre est le bouton de la grande manivelle, et dont les deux boutons excentrés soutiennent la coulisse par les deux extrémités. Les bielles de suspension des coulisses sont manœuvrées, simultanément pour les deux machines, par un arbre et un levier BB'. Les coulisses sont d'ailleurs équilibrées par des contre-poids.

Le mécanicien est représenté, sur les planches XXVII et XXVIII, arrêtant la machine, en fermant le tiroir d'admission de vapeur au moyen du volant horizontal C, et ouvrant l'admission de vapeur dans le cylindre du frein par l'arbre et le levier AA'.

On a souvent contesté l'utilité du frein à vapeur, parce que, dans le cas où l'on ne se sert pas habituelle-

ment de ce frein, il arrive qu'au moment où son intervention immédiate est nécessaire, il n'est pas en état de fonctionner. Mais lorsque le frein est employé comme moyen d'arrêt ordinaire, le cylindre est toujours tenu chaud, les valves d'admission sont en état, et l'action est sûre lorsqu'on en a besoin. C'est ce qui arrive dans la machine de Haine-Saint-Pierre.

L'emploi du frein, comme moyen de gouverner la machine, tend d'ailleurs à accélérer le service; le mécanicien est plus sûr de son action et n'a pas besoin de ralentir le mouvement aussi longtemps d'avance lorsqu'il veut arrêter. Si l'on trouvait le frein actuel insuffisant, dans la prévision d'un accident, on pourrait ajouter entre les deux bobines un frein de sûreté manœuvré par un contre-poids. Mais il est à observer que, pour les machines à deux cylindres conjugués, directement attelées sur l'arbre des bobines, le frein n'est pas aussi essentiel que pour les machines à engrenages. Le principal accident auquel les freins de sûreté ont à remédier est en effet la rupture de l'engrenage ou celle de l'arbre de la machine, lorsque cet arbre est indépendant de celui des bobines. Dans les machines à action directe, le renversement de la vapeur est, en réalité, le frein le plus immédiat et le plus énergique, et le frein placé sur l'arbre des bobines n'a plus besoin d'être aussi fortement établi.

Une des innovations les plus intéressantes introduites dans ce modèle de machines est l'avertisseur monté sur le même bâti que le frein.

Deux longues vis sont mises en mouvement par un engrenage dont la roue est placée derrière la poulie de frein; le pignon est indiqué en R. L'axe de ce pignon renvoie le mouvement aux deux vis par une roue d'angle, et ce mouvement égal et solidaire est en sens inverse, comme celui des câbles d'extraction. Si donc on place, aux deux extrémités opposées de ces vis, deux *écrous-curseurs* D et D′, ces deux écrous, convenablement disposés, pourront représenter les deux cages; leurs positions relatives sur les vis indiquant avec précision les positions relatives des cages dans le puits.

A chaque écrou-curseur correspondront deux sonnettes SS et S′S′, de telle sorte que, chaque fois qu'une cage arrivera au jour, le mécanicien recevra successivement deux avertissements certains et convenablement espacés. Au premier il ralentit le mouvement, au second il arrête.

Ce nouvel indicateur remplace avantageusement tous les moyens employés jusqu'à présent; il accuse par exemple avec précision les allongements successifs des câbles, depuis le moment de leur mise en place jusqu'à celui de leur remplacement, pendant toutes les phases de leur service, de manière à donner des avis utiles sur leur degré d'usure.

Les planches XXVII, XXVIII et XXIX donnent d'ailleurs les indications nécessaires pour comprendre la construction de cette machine à deux cylindres conjugués verticaux, dans laquelle on retrouve, avec une disposition différente, tous les détails mécaniques pré-

cédemment indiqués dans les machines à deux cylindres conjugués horizontaux.

La nouvelle machine à cylindres conjugués verticaux de Haine-Saint-Pierre est un type complet et des plus recommandables de la grande machine d'extraction, telle qu'elle convient aux puits de 300 mètres et au delà, qui ont assez de richesses houillères pour alimenter un service très-actif. On trouve réunies dans ce modèle toutes les dispositions qui peuvent rendre l'extraction sûre et puissante. Nous ne considérons pas la position verticale des cylindres comme un avantage bien démontré ; mais l'ensemble de ces dispositions, la manière dont toutes les conditions du service sont prévues, justifie pleinement le succès de ce modèle en Belgique.

#### APPLICATION DES BOBINES A 1,000 MÈTRES DE PROFONDEUR.

Le système d'extraction, tel que nous venons de le décrire, tel qu'il est appliqué d'une manière générale en France et en Belgique, est évidemment le plus simple et le plus logique. Peut-il satisfaire à toutes les conditions de l'avenir, c'est-à-dire à un approfondissement considérable des houillères? N'est-il pas susceptible de perfectionnements importants?

En 1856, l'Académie des sciences de Bruxelles mit au concours la question suivante, à la solution de laquelle le ministre des travaux publics attribua un prix spécial. *Indiquer un système complet de moyens rationnels*

*et pratiques pour porter l'exploitation des houillères à* 1,000 *mètres au moins de profondeur, sans aggraver sensiblement les conditions économiques dans lesquelles on opère aujourd'hui en Belgique.*

Plusieurs mémoires furent présentés à cette occasion, et l'un d'eux, désigné comme le plus remarquable, a été publié par son auteur, M. Devillez, professeur de mécanique à l'Ecole des mines du Hainaut. Sans prendre part à la polémique à laquelle a donné lieu ce mémoire, nous constaterons ses conclusions, très-bien établies, selon nous: qu'à la profondeur de 1,000 mètres, sans faire aucune invention nouvelle, et en se servant judicieusement des meilleurs moyens d'exploitation employés aujourd'hui, le problème pouvait être résolu, sans que l'on vînt se heurter contre une de ces impossibilités qui résultent des dimensions démesurées de certains appareils ou de certaines parties d'appareils. Qu'à cette profondeur, et même au delà, on restait encore dans de bonnes conditions pratiques; qu'aucun des appareils employés ne devait présenter de sérieuses difficultés de marche ou de construction, et qu'ils ne sortiraient point de la catégorie des objets de fabrication courante et certaine.

Bien que le travail de M. Devillez n'ait pas été jugé assez nouveau dans les moyens indiqués pour obtenir le prix, il présente cependant un grand intérêt. A une époque où se produisent tant de conceptions bizarres et inexécutables, lorsque les journaux annoncent si souvent que telle ou telle invention nouvelle va transformer

une industrie, etc., invention dont il n'est ensuite plus question; c'est avec satisfaction que l'on rencontre un esprit sage et réservé, qui apprécie les choses à leur valeur réelle, et démontre que les moyens actuellement employés suffisent pour l'avenir.

Le système d'extraction si simple, qui fonctionne sur presque tous nos puits, est souvent présenté comme imparfait, afin de préconiser des inventions nouvelles. Cependant ces inventions, auxquelles on immole si complaisamment le système pratique, n'ont jamais pu être établies nulle part. Lorsque, par exemple, on s'occupait de chemins de fer atmosphériques, on a imaginé beaucoup de dispositions de chemins atmosphériques verticaux pouvant être établis dans un puits de mine et servir à l'extraction. Aucune de ces dispositions, dont quelques-unes ont été cependant très-vantées, n'a pu devenir pratique.

Le seul appareil qui ait été expérimenté et qui ait donné quelque espoir de succès fut l'appareil Mehu, appliqué à une des fosses de la Compagnie d'Anzin. L'ingénieur Mehu avait apporté dans cette construction tout ce qu'une longue expérience peut suggérer de moyens pour parer aux inconvénients des tiges oscillantes appliquées à la circulation des waggons.

Ainsi, dans la warocquère, qui est l'application des tiges oscillantes à la descente et à la remonte des ouvriers, deux tiges rigides et verticales sont suspendues dans le puits et animées d'un mouvement oscillatoire inverse par le balancier hydraulique aux extrémités

duquel elles sont attachées. Les ouvriers pla
tige qui monte peuvent, en conséquence, la
moment où elle va descendre et passer sur
qui va monter à son tour; et ainsi de suit
simple déplacement latéral, ils sont mo
tivement par chaque tige.

M. Mehu a appliqué ce mouvement alt
à l'ascension des waggons pleins et à
waggons vides; mais son appareil, su
bli aux mines d'Anzin et de Roncha
adopté, à cause de la multiplicité d
niques et des inconvénients qui ré
dérangements et de leur usure.

Après deux expériences aussi co
deux localités éloignées et avec un
sieurs années, on peut dire que l
oscillantes à l'extraction est un
faudra trouver encore un autre
noncer à l'emploi des câbles.

Pour exploiter à une profo
M. Devillez préfère l'emploi d
fer à celui des câbles en chanv
en fil de fer devraient être c
moyenne 7 kilogrammes 1/
dire 7,300 kilogrammes po
en chanvre ou en aloès pès
grammes. Les dimension
sisse le fil de fer ou le
possibilités de la fabrica

Ces câbles pourraient enlever, à la vitesse moyenne de 6 mètres par seconde, 8 waggons contenant ensemble 2,700 kilogrammes de houille; le poids mort de la cage et des waggons s'élevant à 2,150 kilogrammes. En trois ou quatre minutes, la charge serait extraite et versée au jour. Pour ce travail, une machine de 200 chevaux serait suffisante, et déjà il est des puits qui emploient des machines de cette force.

Le rayon initial des bobines calculé d'après la méthode précédemment exposée serait $0^m,72$ pour des câbles en fil de fer coniques, et 1 mètre pour des câbles en chanvre ou en aloès.

L'objection principale produite contre le travail de M. Devillez fut précisément la trop petite dimension des diamètres d'enroulement; la réponse qui fut faite mérite donc d'être mentionnée, parce qu'elle détermine la portée d'une des plus grandes difficultés de l'extraction à la profondeur de 1,000 mètres.

Quoique le calcul m'ait fourni pour l'égalité des moments de la résistance, au commencement et à la fin d'une ascension, un rayon de bobine de $0^m,72$, j'ai expressément indiqué que l'on pourrait adopter un rayon un peu plus grand, à cause de la provision de vapeur qui se forme dans les chaudières entre deux ascensions, et qui permet de commencer une opération avec une puissance plus grande que celle qui est nécessaire pour l'achever; je pense qu'il serait possible de porter ce rayon à $0^m,75$ ou $0^m,80$; voici pourquoi :

La machine n° 12 du Grand-Hornu fonctionne aujourd'hui à la profondeur de 405 mètres (la profondeur n'était que de 355 mètres lorsque j'ai écrit ce mémoire).

La charge utile au bout du câble est de. . . . 2,740 kilogr.
Le poids mort de la cage et des waggons vides est de. . . . . 2,120
Quand la cage pleine arrive au sommet de sa course, la portion du câble comprise entre elle et la molette pèse. . . . . 80
Le poids total d'un câble qui est à section décroissante est de. . . . . 4,217
La partie toujours enroulée de ce câble, qui est de 99 mètres, et la partie tendue entre les bobines et les molettes pèsent approximativement. . 1,100
Il reste donc pour la partie pendante qui soutient la cage pleine au commencement d'une ascension. . . . . 3,117
Le premier rayon d'enroulement est de. . . . . $1^m,70$
Le dernier, quand la cage arrive au jour, est de. . . . $2^m,75$

Si l'on calcule le premier rayon d'enroulement, pour que le moment de la résistance soit le même au commencement et à la fin d'une opération, on a les équations :

$$\pi\,[\,(2,75)^2 - (1,70)^2\,] = 14^{m2},68,$$

donc $\pi R^2 - \pi r^2 = 14^{m2},68$ ;

et d'autre part :

$$(2740 + 2120 + 3117)\,r - (2120 + 80)\,R = (2740 + 2120 + 80)\,r - (2120 + 3117)\,R\,;$$

d'où l'on tire $r = 1^m,38$.

Or, ce premier rayon d'enroulement est dans l'appareil actuel de $1^m,70$; il a donc $0^m,32$ de plus qu'il ne devrait avoir. La marche de la machine est bien un peu lourde au commencement, et elle devient de plus en plus légère jusqu'à la fin, mais pratiquement cela offre peu d'inconvénients et l'appareil s'accommode de ce régime.

On pourra donc porter à $0^m,75$, peut-être même à $0^m,80$, le premier rayon d'enroulement des deux câbles en fil de fer.

Les observations de M. Devillez sont très-exactes, car,

ainsi que nous l'avons dit précédemment, les calculs appliqués à la détermination des rayons d'enroulement ont, en général, pour but, non pas d'obtenir pour les machines d'extraction un effort exactement constant, mais de contenir les irrégularités dans certaines limites.

On arrive donc à résoudre le problème de l'extraction sans sortir des conditions et des possibilités actuelles, ce qui est beaucoup plus rassurant que s'il fallait compter sur des inventions nouvelles.

Les questions relatives à l'épuisement des eaux et à l'aérage ont été traitées au même point de vue. M. Devillez a démontré, en même temps, le peu de confiance qu'on doit accorder aux procédés qui ne sont pas appliqués, et celle qu'on doit, au contraire, avoir dans les procédés qui ont été créés et perfectionnés par une longue pratique. Il pose les hypothèses sur les quantités d'eau à épuiser, sur les quantités d'air nécessaires pour diluer et entraîner les gaz délétères; il calcule les pièces essentielles des machines et appareils qui devront être employés, et démontre que nos moyens de construction répondent dès à présent à toutes les difficultés que présenterait l'exploitation à la profondeur de 1,000 mètres.

En résumé, le concours de Bruxelles aura rendu un grand service en mettant en évidence un principe dont ceux qui pratiquent connaissent seuls toute la valeur; un perfectionnement d'un appareil déjà éprouvé, dût-il porter sur un détail, est un progrès plus réel que les plus brillantes théories qui ne peuvent jamais se traduire en réalités.

loppera en sens inverse et équilibrera progressivement une partie du câble descendant.

Ce double contre-poids peut être obtenu par un seul. Que l'on suppose une petite poulie fixée sur l'arbre des bobines et sur cette poulie un câble qui, au moment du départ, sera tendu par un contre-poids, formé d'une chaîne suspendue dans un puits de 50 à 60 mètres de profondeur. La profondeur du puits et le diamètre de la poulie sont dans un rapport tel qu'au moment de la rencontre des cages dans le puits d'extraction, toute la chaîne contre-poids se trouve déposée au fond du puits, et l'arbre des bobines n'a plus d'autre contre-poids que les 60 mètres de câble attachés à la chaîne. A ce moment, le câble du contre-poids se trouve complétement déroulé; il est attaché à la poulie par une boucle qui change de côté, et ce câble s'enroule en sens inverse sur la poulie en soulevant de nouveau la chaîne contre-poids, de telle sorte qu'à l'arrivée de la cage au jour, toute cette chaîne contre-poids se trouve soulevée et exercera son effort sur l'arbre des bobines, de manière à équilibrer une partie du câble descendu dans le puits d'extraction.

Ce moyen d'équilibre est employé depuis longtemps; il se trouve décrit dans le travail de M. Piot sur les houillères de Newcastle, travail publié en 1842. Dès cette époque, M. Piot signale l'objection principale qui a empêché le système de s'établir sur le continent, c'est l'entretien de tout un système mécanique compliqué, depuis la poulie calée sur l'arbre des bobines, et le

câble qui manœuvre le contre-poids, jusqu'à l'extrémité même de ce contre-poids et y compris le puits supplémentaire qui le reçoit.

Sur quelques puits, on a remplacé ce système de contre-poids par un waggon montant et descendant sur un plan incliné. Mais les questions d'entretien sont peut-être encore plus gênantes dans ce cas, et mieux vaut encore la chaîne dans un puits.

Les machines à contre-poids tendent à se généraliser en Angleterre, et l'on peut se demander comment il se fait que, malgré la complication qui en résulte, pas un seul établissement n'en ait fait l'application en France ou en Belgique. M. Quillacq, constructeur à Anzin, après avoir visité les installations anglaises, propose cette application avec la disposition indiquée planche XLVII, figure 1, dans laquelle deux cylindres à vapeur conjugués verticaux donneraient le mouvement aux bobines placées au-dessus du puits.

Le but de cette installation serait : 1° la suppression des molettes, en plaçant les bobines directement au-dessus des puits; 2° une meilleure conservation des câbles, qui n'auraient plus à se ployer deux fois pour chaque trait, l'un des deux devant subir ce ploiement dans deux sens inverses; 3° l'adoption de très-grands diamètres d'enroulement sans que les conditions d'équilibre aient à en souffrir, cet équilibre devant être obtenu par un contre-poids spécial.

Ces divers avantages seraient obtenus, dans la disposition proposée, sans qu'il en résulte d'inconvénients

bien sensibles. Sans doute, les câbles ainsi placés immédiatement au-dessus du puits ne se maintiendront pas dans l'axe de traction, et il se produira des frottements latéraux; mais en employant des câbles en fil de fer, qui ont moitié moins d'épaisseur que les câbles en chanvre, et des bobines d'un très-grand diamètre, de manière à avoir le moins de superpositions possible, ces frottements se réduiront à peu de chose.

Le mouvement inverse des bobines est obtenu par des bielles et des manivelles; cela est essentiel, car dans plus d'une disposition on a déjà établi ce mouvement à l'aide d'un engrenage, ainsi qu'il est indiqué par la figure 2 de la planche XLVII. Il est resté démontré, après divers essais, que l'économie obtenue par la suppression du câble d'en dessous, c'est-à-dire de celui qui subit deux flexions en sens inverse (les câbles se trouvant, grâce à l'engrenage, tous les deux en dessus), que cette économie, disons-nous, se trouvait complétement détruite par les inconvénients que présente un engrenage soumis à des efforts et à des chocs aussi considérables que ceux qui se produisent dans le service d'extraction. L'usage des bielles et des manivelles ne présentera probablement pas les mêmes inconvénients.

Enfin, il faut se soumettre aux embarras et aux frais d'entretien d'un contre-poids spécial; l'avantage de pouvoir employer des rayons d'enroulement de 6 mètres sera peut-être une compensation. Le système proposé mérite donc d'être essayé; mais cet essai devrait être fait sur un des puits les plus profonds pour lequel

le système ordinaire exigerait des rayons d'enroulement très-faibles.

L'usage des contre-poids n'exige pas l'emploi de deux cylindres conjugués; presque toutes les machines anglaises sont à un seul cylindre.

Il est d'un grand intérêt de comparer au type que toutes nos houillères tendent à adopter le type que l'on peut considérer comme l'expression actuelle de l'étude et de la pratique en Angleterre. Nous trouvons des éléments précieux pour cette comparaison dans un rapport fait par M. Cabany à la Compagnie d'Anzin, après un voyage en Angleterre, précisément entrepris dans ce but de l'étude comparative du matériel.

La machine dominante dans le bassin de Newcastle est à un seul cylindre vertical, dont la partie supérieure est à peu près au niveau du clichage; le diamètre du cylindre varie de $0^{m},90$ à $1^{m},60$, suivant que l'on marche à haute ou à basse pression.

L'arbre des bobines est le plus souvent en fonte, placé à 7 mètres au-dessus du cylindre.

La bielle commande directement une manivelle en fonte, calée sur cet arbre.

La course est généralement de $1^{m},80$ à 2 mètres.

Le plus souvent les bobines sont deux volants de 5 à 6 mètres de diamètre, sur la jante desquels on boulonne des bras en bois.

Les rayons d'enroulement sont donc très-grands; ils dépassent même quelquefois 6 mètres, lorsqu'on emploie des câbles en fil de fer.

Les bobines et la poulie de frein calée sur le même arbre pèsent jusqu'à 25,000 kilogrammes, et font ainsi fonction de volant.

Les distributions des machines sont généralement à soupapes et très-faciles à gouverner.

La disposition anglaise supposée sans contre-poids aurait l'inconvénient de déterminer des écarts entre les moments de résistance au commencement et à la fin de l'ascension d'une cage, tels que la machine devrait enlever une charge énorme au départ, et que, peu après la rencontre, la charge serait au contraire enlevée par le câble déroulé. Il a donc fallu régulariser ce mouvement par un contre-poids variable.

Le contre-poids est suspendu à l'extrémité d'une chaîne à la Vaucanson, dont l'épaisseur est de $0^m,04$ et dont la largeur est de $0^m,12$ à $0^m,13$. Cette chaîne, attachée au fond de la gorge d'une poulie calée sur l'arbre des bobines, s'*enroule* et se *déroule* alternativement, pendant une oscillation des cages, de manière à se trouver, au moment du départ, entièrement enroulée sur la poulie.

Quant au contre-poids, il se compose d'une chaîne en fonte dont les anneaux pèsent de 40 à 50 kilogrammes; cette chaîne étant alternativement développée ou déposée au fond d'un puits.

Au départ, la machine est aidée par le contre-poids qui est entièrement soulevé. Mais ce contre-poids descend dans le puits rempli d'eau; il perd donc une partie de son poids, et en même temps les anneaux

eux-mêmes sont déposés au fond du puits, à mesure du déroulement, jusqu'à la rencontre des deux cages, point où le contre-poids est réduit à son minimum.

Après la rencontre, l'enroulement de la chaîne à la Vaucanson sur sa poulie se fait en sens inverse : le contre-poids se développe de nouveau par ce nouvel enroulement, mais en changeant de signe.

Au delà du point de rencontre, le contre-poids s'ajoute ainsi à la charge ascendante, à mesure qu'il se développe par l'enroulement de la chaîne à la Vaucanson; il est sorti de l'eau et à son maximum lorsque la charge arrive au clichage du jour.

Pour bien apprécier tous les détails de cette disposition, M. Cabany a étudié spécialement une de celles qui lui ont paru établies avec le plus de soin, à Dunkerk-Colliery, dans le district du Wigan.

Les dimensions du cylindre à vapeur, qui est vertical, sont :

| | |
|---|---|
| Diamètre..... | $1^{m},36$ |
| Course..... | $1^{m},80$ |

La machine est à condensation, et la pression de la vapeur deux atmosphères. Elle a été livrée par le constructeur pour une force de 150 chevaux.

Elle extrayait deux waggons, contenant ensemble 1,000 kilogrammes de houille, de 545 mètres de profondeur, en 75 secondes; son travail effectif était par conséquent de 97 chevaux. La vitesse moyenne des cages était de $7^{m},20$ par seconde.

La profondeur du dernier accrochage était de 626 mètres, et pour cette profondeur, la machine fournissait 29 tours, le diamètre d'enroulement initial étant de 6$^{m}$,36, le diamètre moyen de 6$^{m}$,87, et le diamètre final de 7$^{m}$,38.

Le moment de la résistance pour enlever la charge du fond, y compris le poids de la cage et celui du câble, était de 20,536 kilogrammes. Le moment dû à la cage descendante étant de 5,136 kilogrammes, le moment réel était donc 15,400.

La machine ne fournissant qu'un effort maximum de 8,326 kilogrammes, un contre-poids était évidemment nécessaire.

Le contre-poids maximum est de 6,588 kilogrammes. Il agit sur l'arbre des bobines, sur un bras de levier de 1$^{m}$,48; par conséquent, il diminue la résistance de 9,751 kilogrammes. Le moment exigé de l'effort de la machine se trouve donc réduit à 5,649 kilogrammes; comme il peut être de 8,326, on est certain que la charge sera enlevée.

Le tableau suivant, extrait du travail de M. Cabany, indique la succession des moments de la résistance pour les quinze premiers tours, c'est-à-dire jusqu'au point de rencontre des cages:

| | Mètres. | Kilogrammes. |
|---|---|---|
| Au renlevage. . . . . | 626,50 . . . | 5.649 |
| Après le 1$^{er}$ tour. . . . | 606,43 . . . | 5.655 |
| — 2$^{e}$ — . . . | 586,23 . . . | 5.019 |
| — 3$^{e}$ — . . . | 555,92 . . . | 4.024 |
| — 4$^{e}$ — . . . | 535,50 . . . | 3.287 |

| | Mètres. | Kilogrammes. |
|---|---|---|
| Après le 5e tour. . . . | 514,96 . . . | 2.434 |
| — 6e — . . . | 494,32 . . . | 1.663 |
| — 7e — . . . | 473,56 . . . | 1.870 |
| — 8e — . . . | 452,70 . . . | 4.159 |
| — 9e — . . . | 431,73 . . . | 5.893 |
| — 10e — . . . | 410,64 . . . | 5.162 |
| — 11e — . . . | 389,44 . . . | 4.354 |
| — 12e — . . . | 368,14 . . . | 4.553 |
| — 13e — . . . | 346,72 . . . | 2.892 |
| — 14e — . . . | 325,21 . . . | 2.162 |
| — 15e — . . . | 319,83 . . . | 1.939 |

La longueur de la chaîne à la Vaucanson, qui supporte le contre-poids et qui en fait elle-même fonction quand elle est développée et que les anneaux du contre-poids sont tous accumulés au fond du puits, est de 108m,31; la profondeur du puits est de 58m,52.

L'enroulement minimum du contre-poids est de 1m,80 de diamètre, le maximum de 2m,96.

La chaîne à la Vaucanson a 0m,04 d'épaisseur; elle pèse 28 kilogrammes le mètre courant.

Au point de rencontre, le moment est de 1,959 kilogrammes; il descend à 1,221 kilogrammes un peu avant que la cage descendante soit déposée au fond.

Le moment moyen de la résistance est au-dessous de 4,000 kilogrammes, c'est-à-dire plus de deux fois moindre que le moment disponible de la puissance.

Le volant a 8m,50 de diamètre; le poids de la jante est de 9,000 kilogrammes; l'ensemble des masses des bobines et du volant est d'environ 25,000 kilogrammes; les molettes ont 4m,50 de diamètre; l'arbre des bobines

est en fonte, de $0^m,45$ d'équarrissage; il a $0^m,40$ de diamètre aux tourillons.

Tous ces détails, recueillis par M. Cabany à Dunkerk-Colliery, permettraient d'appliquer le système anglais à une fosse quelconque. On pourrait, dans ce cas, établir le contre-poids de manière à éviter les variations considérables que présentent les moments de résistance dans l'exemple cité; mais avec les poids qu'auront des bobines de 6 mètres, avec un volant de frein de même diamètre, on peut, sans inconvénient, laisser une certaine latitude à ces variations.

### CONSTRUCTIONS ET DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Un siége d'extraction, armé de ses machines et appareils pour élever les charbons au jour et les verser à l'extérieur, soit en tout venant, soit sur des grilles, de manière à faire diverses qualités de grosseur, exige des constructions dont l'importance et le caractère varient beaucoup.

Il est d'abord nécessaire de couvrir les machines, ainsi que l'orifice du puits et les appareils de clichage. Il faut pour les mineurs une salle, où il y ait constamment du feu, et dans laquelle ils puissent au besoin changer de vêtement. S'il y a des femmes employées dans les travaux, il leur faut également une salle particulière. Dans la plupart des cas, on doit encore avoir sur place : un atelier pour l'entretien et la distribution des lampes; une forge pour les petites réparations

d'outils et d'entretien; un magasin pour les objets de consommation journalière.

Il n'est pas possible de couvrir les surfaces considérables occupées par les machines, les câbles et les châssis à molettes, sans chercher à mettre un peu d'harmonie dans les formes et les ouvertures des bâtiments.

On peut d'abord poser comme principe général, que l'architecture la plus convenable est celle qui coûtera le moins de premier établissement et d'entretien, et en second lieu, que l'importance des constructions doit être proportionnée à celle de l'extraction et à la durée qu'elle doit probablement avoir.

La Compagnie d'Anzin a adopté, depuis vingt-cinq ans environ, un système de couverture qui s'harmonise très-bien avec le service des puits d'extraction et qui se répand successivement dans tous les bassins houillers. Cette propagation résulte précisément de ce que ce système se plie à toutes les exigences du service et aux divers degrés d'importance que peut présenter une extraction.

Il consiste à se servir des châssis à molettes à quatre montants ou piliers, comme d'une charpente à couvrir, en élargissant la base au moyen d'appentis.

La machine d'extraction est couverte par un bâtiment spécial dans les formes ordinaires : suivant que l'on veut couvrir ou ne pas couvrir les câbles, on laisse à l'état de cour l'espace qui reste entre les deux bâtiments, ou on les réunit par un couloir. Il est ensuite facile de greffer sur ces premières données tous

les bâtiments accessoires nécessaires au service, tels que forge, lampisterie, magasins, salle des mineurs, etc., ainsi que ceux qui peuvent être nécessaires au versage et à la classification des charbons.

Pour le versage des charbons, il faut se reporter aux planches III et IV, qui représentent les waggons d'extraction avec leurs verseurs, que l'on peut à volonté établir d'une manière fixe, ou rendre mobiles, en les montant sur un châssis à roues. En général, les versages pour mise en tas ne se couvrent pas et se font à l'extérieur des bâtiments de la fosse, ainsi qu'il est indiqué pour la fosse Villars, par exemple; les versages mobiles sur une grande surface, comme au puits Cinq-Sous, sont également à découvert; mais les versages pour classification et triage se font sous des appentis ou des hangars, de telle sorte que les ouvriers soient abrités. Le mode le plus fréquent est de placer les verseurs sur le bord même du soubassement qui supporte le chevalet, et de couvrir le service de la classification et du triage sous un hangar spécial, ainsi qu'il est désigné sur la planche XXXVII, pour la fosse n° 4 du Nord de Charleroi.

La classification se fait, en général, par une seule grille, comme au Nord de Charleroi, les barreaux étant réglés à $0^m,04$ d'écartement. Cette grille divise les charbons versés en *fines*, qui passent à travers; *gailletteries*, qui restent sur la grille, et *houilles* ou *gros charbons*, qui sont retirés à la main de la gailletterie, pour former une qualité à part; les houilles ont au minimum $0^m,20$ de côté.

La planche XXVI, figure 1, représente un crible ou filtre à deux grilles, disposé de manière à faire trois qualités : les fines, les *braisettes*, les gailletteries, et le gros. Les braisettes passent à travers la grille de $0^m,04$ d'écartement, et restent sur celle de $0^m,02$.

Des voies de fer sont établies de manière à amener des waggons sous les trémies qui débitent les qualités criblées; le gros se charge à la main.

Le gros et les gailletteries sont triés au passage ; la disposition de l'appareil permet aux femmes et aux enfants employés pour ce service d'enlever rapidement les pierres mélangées au charbon. Quant aux fines, toute tentative de triage est inutile, et le lavage peut seul le débarrasser des matières terreuses qui s'y trouvent toujours en quantité plus considérable que dans les qualités criblées.

Que l'on examine les dispositions générales représentées dans l'atlas : celles de Villars à Denain, de Nœux dans le Pas-de-Calais, des puits Cinq-Sous et Lucy, n° 3, à Blanzy, du Nord de Charleroi, Rochelle, etc.; que l'on suppose tous les ouvriers à leur poste; les chauffeurs et les mécaniciens, les receveurs du clichage, les trieurs et chargeurs, les manœuvres nécessaires au mouvement des waggons vides et chargés, les hommes spéciaux, tels que le magasinier, le forgeron, le porion, etc.; le bâtiment d'extraction devient alors une sorte d'usine dans laquelle chacun a sa tâche. Mais cette tâche est réglée par les envois du fond, et si le fond n'alimente pas suffisamment le jour, il y a temps perdu

et chômage qui réagissent sur le prix de revient.

C'est pour cela qu'il importe de proportionner les constructions et le personnel d'une installation du jour à l'activité des extractions. Telle installation, très-bonne pour une extraction de 3,000 ou de 6,000 hectolitres par jour, deviendra onéreuse pour une extraction réduite à 1,000 hectolitres, de telle sorte qu'il eût été plus logique d'en adopter une qui aurait d'abord coûté moitié moins en frais de premier établissement et qui, en second lieu, aurait exigé un personnel moins considérable pour le service.

La plupart des types que nous présentons comme exemples ont été étudiés pour les extractions les plus fortes; nous ne les recommandons, en conséquence, que pour des prévisions similaires.

### FOSSE VILLARS A DENAIN.

La fosse Villars fut une des premières à laquelle on appliqua le système de construction qui tend le plus à se généraliser en France.

Cette fosse présente encore un autre intérêt, c'est une des plus productives que l'on puisse citer sur le continent, et c'est la première qui a résolu le problème du maximum d'extraction possible. Cette extraction, considérée dans sa moyenne annuelle, est de 4,000 hectolitres par jour, mais elle s'élève dans certaines périodes de grande activité à 8,000 hectolitres. Dans la seconde

quinzaine de novembre 1859, on a extrait, par ce puits, 100,000 hectolitres en treize jours de travail. Ce sont les conditions des travaux souterrains qui règlent cette production ; mais, quelle que soit son activité, l'installation répond à toutes les exigences du service, de telle sorte qu'on peut la citer comme une de celles qui sont le mieux éprouvées par la pratique, bien qu'elle présente quelques lacunes et imperfections comparativement à ce que fait aujourd'hui la Compagnie d'Anzin.

Les planches XXXII, XXXIII, XXXIV, XXXV et XXXVI présentent le plan, les coupes et les élévations des constructions de cette fosse.

Le châssis à molettes sert de charpente pour la couverture et supporte des appentis latéraux qui forment sur les trois côtés du versage une galerie couverte : il a 11 mètres de hauteur de l'axe des molettes à la surface du clichage et se trouve exhaussé sur un soubassement en maçonnerie de $4^{m},50$ de hauteur. L'axe des bobines est placé à 25 mètres de l'axe du puits ; les câbles restent à découvert entre le bâtiment de la machine et leur entrée sous le pavillon qui forme la partie supérieure du châssis.

Deux bâtiments latéraux sont accolés à ceux de la machine et du clichage. L'un renferme deux chaudières à vapeur de $13^{m},50$ de longueur sur $1^{m},10$ de diamètre, ayant chacune deux bouilleurs de 14 mètres de longueur et de $0^{m},50$ de diamètre ; une de ces chaudières suffit pour tenir la machine en activité. L'autre bâtiment latéral renferme, au premier étage, la salle des

mineurs, celle des porions et l'atelier pour l'entretien et la réparation des lampes; le rez-de-chaussée est occupé par les magasins.

Les cages étant à quatre étages, le service se fait à la fois au niveau du clichage et à un niveau supérieur formé par un plancher étroit correspondant à la demi-hauteur de la cage et supporté par quatre colonnes en fonte. Ce plancher est desservi par deux récepteurs latéraux attachés à un même câble supporté par trois poulies, de manière à former une écluse sèche pour descendre les waggons pleins au niveau du clichage et remonter les waggons vides. Ce système automoteur se trouve indiqué sur les coupes XXXIV et XXXV; le câble fait un tour sur la poulie du milieu, plus grande que les deux autres, et cette poulie est armée d'un frein qui sert à régler la vitesse.

Au-dessus du frein, on remarquera (planche XXXV) un marteau dont la panne est posée sur une grosse traverse. A l'extrémité de ce marteau est une corde en fil de fer qui descend aux accrochages. C'est le signal qui sert à établir la correspondance entre le jour et le fond; le nombre de coups désigne les manœuvres à demander. Ces signaux sont interprétés par les receveurs, et l'un d'eux est chargé de crier au mécanicien les manœuvres qu'il doit exécuter.

Les molettes ont 3 mètres de diamètre, conformément au dessin planche XI, figures 3 et 4.

La machine est à deux cylindres conjugués, *oscillants*, système aujourd'hui abandonné pour les cylindres

fixes. Les pistons ont $0^{m},51$ de diamètre et $2^{m},20$ de course, ils reçoivent la vapeur pendant les 65/100 de la course; la pression de la vapeur étant de quatre atmosphères effectives, dans les chaudières.

Le diamètre du noyau des bobines est de 3 mètres, et M. Cabany a dressé le tableau suivant des conditions dynamiques de l'appareil.

Les diamètres et les enroulements sont, pour les divers accrochages :

| Profondeurs. | Tours de manivelle. | Diamètres d'enroulement. | |
|---|---|---|---|
| 232 mètres. | 19 | Diamètre initial..... | $3^{m},74$ |
| | | Diamètre final..... | $4^{m},35$ |
| 283 — | 23 1/4 | Diamètre initial..... | $3^{m},56$ |
| | | Diamètre final..... | $4^{m},35$ |
| 313 — | 26 1/4 | Diamètre initial..... | $3^{m},35$ |
| | | Diamètre final..... | $4^{m},35$ |

Les câbles sont en fil de fer, coniques, de $0^{m},0165$ d'épaisseur vers l'attache des bobines et pèsent $6^{kil},50$ le mètre; ils se réduisent à $5^{kil},50$ vers l'attache de la charge.

Les cages contiennent quatre waggons superposés, modèle d'Anzin (planche I), les conditions de la résistance se trouvent exprimées comme suit :

| Charge ascendante. | | Charge descendante. | |
|---|---|---|---|
| Cage..... | 1,200 kil. | Cage..... | 1,200 kil. |
| Quatre waggons chargés..... | 2,800 | Quatre waggons vides..... | 800 |
| Câble..... | 1,878 | | |
| Total..... | 5,878 kil. | Total..... | 2,000 kil. |
| Rayon d'enroulement. | $1^{m},676$ | Rayon d'enroulement. | $2^{m},175$ |
| Moment..... | 9,851 | Moment..... | 4,350 |

Différence des moments à l'enlevage, 5,501.

On trouverait de même qu'à la rencontre des deux cages le rayon d'enroulement étant 1m,925, le moment est 3,850.

A l'arrivée de la cage chargée au clichage, le moment final est 5,553.

L'enlèvement de la charge de l'accrochage du fond jusqu'au jour dure à peine une minute.

L'installation de la fosse Villars a été le point de départ et d'étude pour les nombreuses installations qui ont suivi. Les modifications ont porté d'abord sur le système et la forme de la machine; les cylindres horizontaux fixes ayant été reconnus préférables, et le diamètre de 0m,60 étant considéré en quelque sorte comme un minimum pour les extractions très-actives et pour les puits d'avenir, conformément à ce qui a été indiqué précédemment pour la fosse Turenne.

On a reconnu qu'il était avantageux de donner plus de largeur aux chevalets, de manière à augmenter la surface couverte par sa toiture et ses auvents. A Villars, la surface couverte n'est que de 200 mètres carrés; aux fosses d'Herin et de Turenne, cette surface est de 330, ainsi qu'il résulte du plan et de l'élévation du chevalet, planche XLVIII.

Le chevalet, appliqué aux puits de 4 mètres de diamètre (planche XLVIII), soutient les molettes à une hauteur de 11m,20 au-dessus du clichage supérieur. Il couvre avec ses appentis latéraux une surface de 330 mètres carrés, surface qui satisfait largement à toutes les exigences du service des puits les plus actifs.

Le bâtiment qui sert de soubassement au chevalet a une hauteur de 4 mètres. Ses dimensions permettent d'obtenir au rez-de-chaussée une vaste salle pour les mineurs, une salle pour les porions et des bureaux pour les surveillants ou marqueurs.

Il reste, en outre, un vaste emplacement pour les manœuvres d'un clichage au niveau du sol. Quatre escaliers ménagés aux angles du soubassement établissent des communications faciles entre les deux clichages, de sorte qu'au besoin les ouvriers du dessus puissent rapidement descendre pour le service éventuel et intermittent du dessous.

Ce clichage inférieur, qui n'existe pas à Villars, est actuellement adopté pour presque toutes les fosses. Il évite la peine de monter à 4 mètres d'élévation tout ce qu'on doit descendre dans la fosse : les bois, briques, fers et matériaux de toute espèce, destinés aux constructions souterraines et à l'établissement des chemins de fer du fond.

### PUITS CINQ-SOUS ET LUCY, N° 3, A BLANZY.

Il y a quinze ans, les puits des houillères du centre et du midi de la France étaient exclusivement pourvus de petits chevalets en porte-à-faux, avec molettes de 1m,50 au plus ; l'usage des bennes de 6 à 10 hectolitres y était exclusif et les travaux du recevage se faisaient en plein air, sauf l'addition de quelques appentis. C'est

à peine si la machine était abritée sous une construction aussi restreinte que possible qui, dans beaucoup de cas, laissait les bobines ou tambours en dehors.

Ce mode d'installation tend à se modifier : on a reconnu l'avantage qu'il y avait à couvrir les puits, et ceux qui ont une certaine importance reçoivent des constructions analogues à celles du Nord.

Les planches XXX et XXXI, XLV et XLVI, se rapportent à des installations récemment construites sur deux des puits dépendant des houillères de Blanzy.

La première de ces installations, celle du puits Cinq-Sous, reproduit le type d'Anzin avec quelques variantes dans les détails, mais avec des modifications importantes au point de vue du versage et du rechargement des charbons, modifications nécessitées par les exigences du triage.

La plupart des houillères qui expédient leurs charbons à des rivages pour être mis en bateaux, versent les berlines de la mine dans d'autres waggons de plus grande capacité, soit directement, si l'on expédie en tout venant; soit à travers une grille, si l'on sépare le trait en gros, gailletteries et fines. Mais dans presque toutes nos houillères du centre, les charbons sont trop mélangés de rochers pour que l'on puisse opérer ces transbordements directs, et les charbons, avant d'être rechargés, doivent subir un triage.

Ce triage n'est possible qu'à la condition de verser d'abord les charbons sur une aire, où les femmes et enfants employés à ce travail puissent distinguer et retirer

les rochers. Les charbons ainsi épurés sont ensuite chargés sur les waggons des chemins de fer extérieurs, qui vont eux-mêmes verser au rivage où se font les criblages et les diverses classifications qui permettent encore un second triage. Le plan et l'élévation du puits Cinq-Sous, planches XXX et XXXI, mettent en évidence les moyens employés à Blanzy pour faciliter ces manutentions.

Le puits Cinq-Sous est guidé et surmonté par un chevalet à quatre montants, qui soutient les molettes (planche XI, figure 1) à une hauteur de 12 mètres au-dessus du clichage. Ce chevalet est couvert en voliges, et la surface couverte est d'environ 75 mètres carrés. Il y a 17 mètres seulement de distance entre l'axe des bobines et l'axe des cages, aussi l'inclinaison des câbles est-elle plus forte que de coutume.

L'agencement du puits Cinq-Sous est aussi simple que possible : on n'a couvert que la machine et le clichage du puits. Les berlines extraites du puits (celles de la planche IV) sont accueillies sur des voies en fer qui permettent de les rouler à droite ou à gauche, ainsi qu'il résulte du plan.

Les berlines sont ainsi amenées sur des porteurs qui les conduisent aux verseurs mobiles, montés de même sur des voies parallèles à l'axe de l'établissement. Les voies des porteurs et des verseurs sont à $3^{m},20$ au-dessus du sol environnant. Cette hauteur est partagée en deux niveaux, de telle sorte que les charbons, d'abord versés sur une aire de triage, se trouvent ensuite précisément

à la hauteur convenable pour être chargés sur les waggons du jour.

La berline, une fois versée, peut être ramenée vis-à-vis la cage qui doit recevoir les berlines vides. Les croisements de voies permettent tous les mouvements nécessaires à ces manœuvres.

Lorsqu'on emploie, comme dans le Nord, des berlines chargeant au maximum 500 kilogrammes de houille, les manœuvres du plâtre pour la conduite des berlines aux verseurs et le retour des vides peuvent se faire sans rails et sur des plaques de fonte.

Mais, lorsqu'on emploie, comme au puits Cinq-Sous, des berlines chargeant 1,000 kilogrammes, on est obligé d'établir, sur toute la voie de ces manœuvres, des rails et des croisements. Grâce à ces voies, tous les mouvements sont prévus et s'exécutent avec la plus grande précision.

Le puits Cinq-Sous fut peut-être la première introduction des installations du Nord dans les houillères du Centre; mais postérieurement à cet essai, la Compagnie de Blanzy a construit sur quelques points des installations plus larges, dans lesquelles les opérations du triage et de la classification des charbons ont été mises à couvert; telle est celle du puits n° 3 de Lucy, planches XLV et XLVI.

Le châssis à molettes, de 12 mètres de hauteur, soutient sur les quatre faces des appentis latéraux. Le déchargement des berlines se fait seulement sur le front de l'atelier, auquel sont annexés de vastes hangars.

Les surfaces couvertes sont d'environ 100 mètres carrés pour le clichage du puits, et de 350 pour les hangars; ensemble, 450 mètres carrés.

Les berlines extraites sont de 6 hectolitres (planche V); elles sont manœuvrées sur des aires en fonte, qui couvrent l'avant et l'arrière du clichage, et conduites à six culbuteurs par des voies dont les amorces et les dispositions sont indiquées par la figure 2 de la planche XLV, ainsi que les voies qui servent au service des cages.

Les deux élévations des constructions du puits n° 3 de Lucy donnent une idée suffisante de l'organisation du service. Deux verseurs (4 et 5) sont abrités par l'auvent principal attenant au chevalet; les verseurs 1, 2, 3 et 6 sont abrités par les pavillons qui correspondent aux mêmes numéros; le hangar AB est destiné à couvrir le triage et le rechargement sur les waggons du jour.

On remarquera dans cette construction le style de certaines gares de chemin de fer exécutées en charpente et voliges. Le soubassement à panneaux est construit en béton, genre de construction très-avantageux pour les localités où la pierre de taille est coûteuse.

Le mètre carré de surface couverte dans ces conditions de formes multiples, colonnes en fonte, couvertures en zinc et garnissages latéraux en voliges, ne peut pas être compté à moins de 40 francs. C'est une dépense assez considérable, qui met en évidence la grande importance qu'ont aujourd'hui les triages du charbon. Un travail de ce genre ne peut être exécuté d'une manière sûre et uniforme, si les ouvriers ne sont pas à

à la ha[illegible] ... [illegible]hiver, par des
gons [illegible] ... [illegible]lrai[illegible] certai-
La [illegible] ... le beau temps.
vis [illegible] ... [illegible] contraire ob-
croi[illegible] ... [illegible]ésence des exi-
née[illegible]

[illegible] ... [illegible]ons à peu près
ch[illegible] ... [illegible]currence a mo-
les[illegible] ... [illegible]ine établie sur les
a[illegible] ... se contenter des
[illegible] ... [illegible]jourd'hui la pré-
[illegible]rchés qui ont des
[illegible]ibons les plus ré-
[illegible] suffisamment les
[illegible] triage sont actuel-

[illegible]E-CALAIS).

[illegible] ont été l'occasion de
[illegible] Les exploitations s'y
[illegible] les plus favorables.
[illegible]ualité, débouchés as-
[illegible]n n'a manqué pour
[illegible] plus que plusieurs
[illegible]u Nord et de la Bel-
[illegible] travaux.
[illegible] été le fondateur du
[illegible] Nord, fut aussi celui

du charbonnage de Nœux, un des plus importants du Pas-de-Calais. Il apporta dans l'étude de ses projets une expérience précieuse, et nous donnons, par les planches XL, XLI, XLII, XLIII et XLIV, le résumé des constructions et dispositions qu'il adopta pour la fosse n° 2, la plus récemment organisée; résumé extrait des nombreux documents qu'il a bien voulu mettre à notre disposition.

On voit, au premier coup d'œil, que M. de Bracquemont a eu pour point de départ le type d'Anzin. Il l'a complété en couvrant les câbles par une charpente intermédiaire placée entre le chevalet et le bâtiment de la machine. Cette charpente intermédiaire est liée avec celle du chevalet et avec celle qui couvre la salle de la machine, de manière à présenter un caractère d'unité satisfaisant.

Il y a un certain intérêt à couvrir les câbles : d'abord pour leur conservation, en les empêchant de rester toujours exposés à la pluie et aux gelées qui tendent à les détériorer; en second lieu, parce qu'il en résulte une surveillance plus facile du clichage et surtout des communications plus sûres et plus immédiates entre les receveurs et le mécanicien.

Cette dernière considération n'est pas à dédaigner; la promptitude et la précision des manœuvres exigent que le mécanicien soit en communication aussi directe que possible avec le clichage. En réunissant ainsi sous un même toit le clichage et la machine, le mécanicien entend et voit plus sûrement; il n'est plus dérangé par

les brouillards, la pluie et le vent, qui dans beaucoup de cas jettent de l'incertitude dans les signaux. On a donc promptement regagné les frais supplémentaires qu'entraîne la couverture complète des câbles, par une meilleure conservation des câbles en chanvre ou en aloès, et surtout par l'activité et la sûreté qui en résultent pour le service.

Les plans de la fosse de Nœux, et notamment la planche XL, indiquent avec détails les diverses destinations des distributions adoptées. Ce plan indique autour du puits :

Les chambres d'accrochage pour les manœuvres au niveau du sol; le magasin et la chambre du lampiste; le magasin aux outils et la chambre du porion ; plus le bureau du marqueur, celui du mesureur, une chambre pour les chargeurs et un magasin; le tout dans l'espace qui sert de soubassement au chevalet.

En arrière se trouve la salle des ouvriers, qui communique avec le petit puits aux échelles, ce puits rejoignant par une galerie le *goyau* de descente.

Au bâtiment de la fosse se trouve accolé le cabinet d'un ventilateur du système Fabry, qui aspire l'air dans le goyau, par une galerie située à 15 mètres au-dessous du sol; cette galerie se prolonge jusqu'à la cheminée, de manière à permettre de substituer son tirage à l'action du ventilateur. Un système de quatre portes en tôle détermine cette substitution.

La planche XL indique également par les lettres :

*a*. Machine alimentaire, avec pompe foulante à double effet.

*a'*. Bâche à réchauffer l'eau d'alimentation.
*b*. Tuyau aspirant l'eau de la mine en dépôt dans le bassin.
*c*. Tuyau amenant l'eau en pluie, de la bâche dans le réchauffeur.
*d*. Tuyau refoulant l'eau alternativement dans la bâche et dans les chaudières.
*e*. Tuyau d'échappement.
*f*. Tuyaux d'émission de la machine.
*g*. Escalier de service.
*k*. Conduits de diverses cheminées du bâtiment, aboutissant au carneau transversal des chaudières.
*h*. Rampe aboutissant au niveau du clichage.
*i*. Écluse sèche, automotrice; pour descendre les waggons de gros charbon au niveau du sol.
*l*. Chariot mobile pour le clichage des eaux du fond avec les tonnes guidées.

La machine d'extraction indiquée sur les plans et coupes est la machine Quillacq, à deux cylindres horizontaux conjugués, précédemment décrite (planches XXI à XXIII). On remarquera sur la coupe, planche XLII, une addition intéressante au mécanisme, dont le but est d'arrêter le mouvement ascensionnel d'un câble, lorsque la cage montée trop haut s'approche des molettes. A ce moment, la cage rencontre en O un levier OLP, et, par le mouvement qu'elle lui imprime, attire la tringle LL', de manière à fermer la prise de vapeur des cylindres moteurs et à ouvrir le robinet d'introduction dans le cylindre du frein. La machine d'extraction est ainsi arrêtée, et tout choc de la cage contre les molettes se trouve prévenu.

Les proportions données par M. de Bracquemont à

ses bâtiments sont supérieures à celles qui sont ordinairement adoptées dans le Nord. Ainsi, les molettes sont supportées par le chevalet, à 15 mètres au-dessus du clichage, et l'espace couvert par ce chevalet et ses appentis est de 250 mètres carrés. Le bâtiment qui couvre les chaudières, la machine et le ventilateur, est de 320 mètres carrés, et la galerie de raccord pour couvrir les câbles est de 90 mètres carrés.

C'est, en totalité, un espace couvert de 660 mètres carrés.

### INSTALLATION DES FOSSES EN BELGIQUE.

Les descriptions précédentes démontrent, par des données pratiques, que plus un puits a d'importance comme richesse et comme durée probable, plus on a été conduit à y faire des installations étendues et complètes; le capital ainsi engagé se trouvant largement compensé par les avantages qui en résultent. Les installations belges sont presque toutes dans ce sens, et l'usage général est d'y couvrir, par un bâtiment continu, les machines, les câbles, la fosse et les versages. Les exemples, planches XXXVII, XXXVIII, et XXXIX se rapportent à ce système qui facilite le dessin architectural et donne sous ce rapport un caractère spécial à chaque établissement houiller.

Les machines étant supposées mises en place, sur leurs fondations; les molettes sur leurs supports; le cli-

chage, la recette et les verseurs établis, le problème consiste à envelopper tout l'espace de murs et à le couvrir d'une charpente.

Le projet de ce bâtiment conduit à l'adoption d'une architecture qui, le plus souvent, est une architecture d'ingénieur, c'est-à-dire dans laquelle on se borne à régulariser les murs, les ouvertures et les piliers exigés par le service, en cherchant les formes les plus simples et les plus économiques.

La recherche des formes architecturales qui peuvent le mieux convenir à un bâtiment de fosse a été l'objet de nombreux tâtonnements; nous examinerons successivement les trois types que nous présentons comme exemples.

La planche XXXIX représente un bâtiment de fosse que l'on rencontre partout en Belgique et surtout dans le Borinage. C'est, en quelque sorte, la solution la plus simple et la plus économique que puisse recevoir la couverture complète d'un puits d'extraction.

Le clichage du puits est exhaussé de $4^{m},50$ au-dessus du sol environnant, hauteur suffisante pour le versage des charbons sur grilles et pour les classifications d'usage en gros, gailletteries et fines.

Une baie de $3^{m},70$ de hauteur traverse ce soubassement de part en part; elle sert de route pour les chariots qui pourront venir en dessous recevoir leur chargement; le plus souvent elle est traversée par deux voies de chemins de fer, dont les waggons reçoivent le versage direct des berlines sortant de la fosse. La face

antérieure porte également une large ouverture qui permet de sortir et d'entasser les charbons au dehors, et d'organiser des versages extérieurs pour les rochers dont l'extraction est inévitable.

Ces rochers, qui proviennent des chassages et des bouveaux, quelquefois même des abatages de faux toit ou de mur, faits dans les tailles et qu'on ne peut loger dans les remblais, constituent un embarras pour les exploitations qui se trouvent en plaine ou qui avoisinent les villes et les villages. Il faut en effet des espaces assez considérables pour leur dépôt, et bien qu'on les entasse de manière à former des buttes ou *territs* assez élevés, on doit toujours prévoir, lorsqu'on achète les terrains qui doivent former le *dommage* d'une fosse, des espaces assez étendus pour recevoir les déblais sans qu'ils dépassent la hauteur du clichage, c'est-à-dire 4 à 5 mètres.

La halle au milieu de laquelle se trouvent le clichage et le châssis à molettes a 11 mètres sur 12; c'est une surface de 132 mètres carrés, largement suffisante pour toutes les manœuvres.

Le châssis à molettes est en porte-à-faux, et l'axe des molettes, qui coïncide avec l'arasement des murs, est à 13 mètres de hauteur, au-dessus du clichage. Derrière le châssis, on a pris deux chambres sur la largeur du bâtiment, en ne laissant, pour communiquer avec la salle de la machine, que la largeur nécessaire au passage des câbles. Ces chambres servent généralement de bureaux.

La salle de la machine, surtout lorsqu'on emploie des cylindres horizontaux, n'a pas besoin d'être aussi large et aussi élevée que celle du châssis à molettes. On rétrécit et on abaisse les murs de cette salle, en la raccordant au bâtiment de la fosse par une gaîne en charpente et voliges qui recouvre les câbles. Il ne reste plus ensuite qu'à établir la distribution du rez-de-chaussée destiné à renfermer les ateliers, magasins et salles des mineurs, et à régler la disposition des ouvertures.

Les dispositions et formes représentées en plan et en élévations par la planche XXXIX sont aussi simples que le comportent les conditions auxquelles on doit satisfaire. Le bâtiment du puits a 22$^{m}$,60 de longueur, sur une largeur de 12$^{m}$,50 et une hauteur de 17$^{m}$,85, sous charpente; le bâtiment de la machine a 22 mètres de longueur, 8$^{m}$,80 de largeur et une hauteur de 11 mètres.

Restent en dehors les chaudières, qu'il serait utile de couvrir; ce qui nécessiterait un bâtiment de 18 à 20 mètres de longueur sur une largeur de 9 à 10 mètres, pour abriter trois chaudières.

Lorsqu'on est chargé d'une pareille construction, il est naturel de chercher à lui donner une certaine élégance. On a beaucoup exagéré le surcroît de dépense qui résulte de cette recherche architecturale, et nous pensons que cette élégance est justifiée, toutes les fois qu'elle se concilie avec la solidité et les conditions du service. Nous signalerons d'une manière toute spéciale à l'attention des ingénieurs le bâtiment élevé récemment au charbonnage de Rochelle, près la station de

Roux, sur le chemin de fer de Charleroi à Manage.

Ce bâtiment, construit par M. Cador, satisfait à toutes les conditions d'une grande extraction,

Il comprend un bâtiment de fosse de 31 mètres sur 13$^{m}$,70, avec une hauteur de 17 mètres sous charpente; plus un bâtiment couvrant la machine d'extraction et le ventilateur, de 22 mètres sur 9, avec une hauteur de 12 mètres sous charpente. C'est une surface couverte d'environ 610 mètres carrés, non compris le bâtiment des chaudières et un appentis ajouté sur la façade, au-dessus des grilles de criblage établies pour le service du chemin de fer.

Le plan donne le détail des distributions du premier étage, le rez-de-chaussée étant consacré aux magasins et ateliers. Ces distributions, analogues à celles précédemment décrites, ne sont nullement gênées par les lignes architecturales et les ouvertures élégantes qui assurent partout des communications faciles et une lumière abondante.

Enfin, les figures 1 et 2 indiquent suffisamment le mode de construction du chevalet ou belle-fleur, portant les molettes à 12$^{m}$,50 au-dessus du clichage supérieur. Les paliers des molettes sont fixés sur quatre sommiers horizontaux, portés en avant par quatre pièces verticales C, posées elles-mêmes sur une double traverse AA; cette traverse est portée à l'avant par deux piliers reliés entre eux FF. L'arrière des sommiers est soutenu par les traverses B et par deux autres piliers G, réunis par les traverses D, E, contre lesquels sont appuyés deux

poussards. Ce mode de construction des châssis à molettes est généralement adopté dans le pays de Charleroi.

Le bâtiment de M. Cador présente un caractère remarquable de style et d'élégance; or, si l'on fait le calcul de ce qu'auraient coûté les murs de même dimension avec des ouvertures ordinaires, on trouvera que l'économie qui en serait résultée n'aurait réellement eu aucune importance.

Le puits n° 4 de Sart-les-Moulins, près Charleroi, planche XXXVII, est un exemple de construction pour un cas particulier qui tend, d'ailleurs, à se répandre. Ce siége d'exploitation se compose de deux puits: l'un exclusivement consacré à l'extraction, l'autre comprenant, outre un second appareil d'extraction, un vaste compartiment réservé à l'aérage, à l'épuisement et à la fahrkunst.

Les deux puits, à sections elliptiques, muraillés à deux rangs de briques (0$^{m}$,50 d'épaisseur), se trouvent séparés par un massif de 8 mètres de terrain; il s'agissait de les couvrir par un seul bâtiment, qui devait, en même temps, contenir toutes les distributions nécessaires au service. C'est dans ce but que l'on a disposé deux avant-corps destinés à augmenter les distributions disponibles pour les bureaux, les salles, ateliers et magasins.

Sur le plan et sur la coupe, le chevalet indiqué n'est destiné qu'au guidage; sa partie supérieure se relie à deux poutres en fer, armées, formant un pont jeté transversalement d'un mur à l'autre du bâtiment et

supportant les sommiers des molettes. Ce projet ne fut pas exécuté; il a été remplacé par les châssis ordinaires du pays en porte-à-faux et avec poussards. Le premier projet avait l'avantage de mieux dégager la halle et d'y laisser plus d'espace libre.

Les molettes ne sont qu'à 9 mètres au-dessus du clichage supérieur, et cette hauteur suffit largement, dans la pratique, à toutes les prévisions du service. Les cages munies de parachutes sont guidées et attachées par des crochets de sûreté, pour le cas où elles seraient montées trop haut vers les molettes, et depuis trois années ces crochets n'ont pas eu l'occasion d'être utilisés.

La machine d'extraction appliquée à cette fosse est à deux cylindres conjugués, horizontaux, et fournie par les ateliers de Haine-Saint-Pierre, pour la force nominale de 110 chevaux. Les cylindres à vapeur ont $0^{m},65$ de diamètre et $1^{m},50$ de course. Les bobines représentées planche XV ont un diamètre initial de 2 mètres, mais ont été surchargées de treize tours de câble qui le portent à 3 mètres. La profondeur du puits est de 244 mètres; le câble a $0^{m},35$ d'épaisseur réelle, après trois mois de service; son poids moyen est de 6 kilogrammes par mètre courant.

Les cages employées sont représentées planche II; elles pèsent, avec un parachute Fontaine, 1,125 kilogrammes. Les quatre waggons pèsent 780 kilogrammes et en chargent 1,600. Enfin, le poids du câble déroulé est de 1,500 kilogrammes, de telle sorte que le moment est, au départ:

$$(1125+780+1600+1500)\,1{,}50-(1125+780)\,2{,}20 = 3316 \text{ kilogrammes,}$$

et à l'arrivée :

$$(1125+780+1600)\,2{,}20-(1125+780+1500)\,1{,}50 = 2603 \text{ kilogrammes ;}$$

la différence des deux moments n'étant ainsi que 713 kilogrammes.

La charge est montée en vingt tours de bobines, qui s'obtiennent régulièrement en 30 secondes. C'est une vitesse moyenne de 8 mètres par seconde. Du cinquième au quinzième tour, lorsque la machine est lancée, la vitesse est de 12 mètres par seconde.

Cette vitesse permet de monter 500 à 600 hectolitres par heure d'extraction.

Sur le devant du bâtiment est un hangar qui sert au triage et au chargement, suivant la méthode habituelle en Belgique. La coupe, planche XXXVII, indique la position des verseurs et des grilles ou *filtres* qui servent à séparer les fines de la gailletterie. Les *fines* se tamisent à travers les barreaux séparés généralement de $0^m,04$; ce qui n'a pas passé à travers la portion inclinée de cette grille passe facilement à travers la portion horizontale qui la termine, et le tout est reçu par un waggon placé au-dessous, dans la première travée. Les *gailletteries*, qui ont glissé sur la grille, sont poussées avec des râteaux dans un waggon placé à côté du précédent, dans la seconde travée. Enfin, les gros charbons, *houilles* et *gaillettes*, sont retirés à la main et chargés

supportant les son
pas exécuté ; il a ... ...sous de la der-
du pays en port
projet avait l'a ... ait, des enfants
d'y laisser plu ... ans les gaillette-
Les molet ... barrasse à la ha-
chage supér ... hérer. Ce travail
la pratique ... nte à presque tous
ges muni ... un hangar en plan-
des croch
tées tro ... sur un puits d'ex-
ces cro ... caractère d'indivi-
La ... forme, de la situation
deux ... particulières nécessitées
les ... et de l'expédition des
mi ... activité presque con-
0m, ... ns les plus originales
pr ... cun cas, en effet, on ne
2 ... ntité de produits, dans
c ... machines et les mouve-
... lu clichage, le roulement
... versage des charbons et
... incessants qui sont né-
... ser, cribler et charger de
... par jour.
... on ait souvent cherché à
... mentation à des établisse-
... téger un pareil travail.
... le la cheminée, qui joue
... nportant dans les construc-

et même dans l'ornementation de ces établissements. On trouve dans plusieurs ouvrages des tracés de cheminées rondes ou carrées; mais pour les détails de leurs formes on s'en rapporte trop souvent aux entrepreneurs chargés de les construire.

Les cheminées rondes sont préférées toutes les fois que les bâtiments d'extraction se trouvent exposés à des coups de vent violents; dans ce cas nous avons employé plusieurs fois le tracé représenté planche XLIX. C'est une cheminée octogone qui, sous le double rapport de l'élégance et de la solidité, nous a paru convenir. Les dimensions indiquées suffisent aux grandes machines d'extraction.

### WAROCQUÈRES ET FAHRKUNST.

Les warocquères et les fahrkunst, destinées à descendre et à monter les ouvriers, tendent aujourd'hui à devenir un complément de plus en plus nécessaire du matériel des houillères. Cette nécessité résulte à la fois de l'approfondissement général des mines et de l'extension des travaux attenant à un même puits.

Déjà l'approfondissement des puits, joint à l'adoption des cages guidées, a depuis longtemps supprimé l'usage des échelles.

Comment en effet exiger des mineurs qu'ils descendent et remontent 400 à 500 mètres d'échelles, ce qui leur imposerait un travail pénible d'environ deux

heures, lorsqu'ils ont sous les yeux un appareil rapide et pourvu de parachutes qui peut les transporter en quelques minutes? Aussi tous les puits d'extraction pourvus de cages guidées avec parachutes sont-ils employés à la descente et à la remonte des mineurs. Il en est résulté, pour les puits très-actifs, un surcroît de travail auquel les machines d'extraction ne peuvent pas toujours suffire. Plus l'extraction de la houille doit être active, plus il faudra en effet descendre et remonter d'ouvriers, et moins il restera de temps à consacrer à ce travail supplémentaire imposé à la machine.

Le trait du charbon dure généralement dix heures; mais il faut en outre extraire une certaine proportion de terres, et, dans la plupart des cas, épuiser les eaux qui se sont accumulées dans le puisard. Un puits très-actif doit recevoir de 200 à 300 ouvriers. Or, les cages ne fourniront en moyenne que douze voyages d'ouvriers par heure dans les puits profonds; à 12 ouvriers par voyage, c'est 144 ouvriers par heure. Il faudra donc de une heure et demie à deux heures par jour pour descendre les ouvriers et autant pour les monter. Ce simple calcul démontre que, dans beaucoup de cas, on peut se trouver embarrassé pour suffire à tous ces services. Une fahrkunst peut donc laisser à la machine trois à quatre heures disponibles, et d'autre part satisfaire avec plus d'avantage à la circulation des ouvriers. On peut supposer en effet cinquante à soixante ouvriers montant à la fois par la fahrkunst.

Toutes les fahrkunst sont composées de deux tiges juxtaposées, portant des paliers tous les 4 ou 6 mètres, et animées d'un mouvement d'oscillation inverse, de telle sorte que les ouvriers puissent passer facilement d'une tige à l'autre. Les premières qui furent établies au Harz consistaient en tiges de bois portant de petites marches, et recevant le mouvement alternatif d'un balancier aux extrémités duquel elles étaient suspendues.

C'est cet appareil que M. Warocqué a perfectionné, en établissant des tiges avec larges paliers, augmentant la course qui fut portée à 3 mètres, et substituant aux balanciers, qui encombrent les abords du puits, une colonne d'eau contenue entre les pistons de deux cylindres juxtaposés et mis en communication. Ces deux pistons soutiennent les échelles mobiles, et sont mis en mouvement alternatif par le cylindre à vapeur. Depuis l'établissement des warocquères à Mariemont, on s'est occupé de modifier encore les appareils allemands, dits *fahrkunst*, en imprimant directement le mouvement aux tiges oscillantes au moyen de deux cylindres à vapeur. Les deux tiges oscillantes portent chacune dans leur partie supérieure une crémaillère engrenant avec un même pignon, de telle sorte que la condition de mouvement solidaire et alternatif se trouve ainsi remplie aussi bien que dans les appareils à balanciers.

M. Delvaux de Fenffe a publié, dans la *Revue universelle de Liége*, un travail remarquable sur les fahr-

kunst, le but de ce travail étant à la fois la description des fahrkunst employées en Allemagne et la comparaison des différents modes de translation dans les mines.

D'après un état comparatif de la circulation sur les échelles dans un grand nombre de mines : pour des profondeurs de 384 à 768 mètres, il faut à chacun des ouvriers de trois quarts d'heure à deux heures pour descendre, et d'une heure un quart à deux heures trois quarts pour remonter.

Prenant pour exemple un puits de 300 mètres seulement de profondeur et une circulation moyenne de deux cent cinquante ouvriers, l'auteur arrive à démontrer que la perte de temps et de force déterminée par les échelles représente, au prix moyen des journées en Belgique, une dépense annuelle de 87,000 francs; en supposant la descente et la remonte de deux postes, un poste de jour de deux cent cinquante ouvriers et un poste de nuit de cent vingt-cinq.

La warocquère ou fahrkunst de Mariemont est mise en mouvement par un cylindre à vapeur de $0^m,50$ de diamètre et de 3 mètres de course. Les deux cylindres du balancier hydraulique ont le même diamètre de $0^m,50$. L'appareil fournit de six à sept oscillations doubles par minute.

Les tiges oscillantes sont en bois, platinées de bandes de fer, et les paliers sont assez grands pour que deux ouvriers puissent s'y substituer l'un à l'autre, lorsque l'un monte pendant que l'autre descend. Supposant

6 1/2 oscillations complètes par minute, l'ouvrier parcourt en une minute 6 1/2 × 2 × 3, soit 40 mètres. En sept à huit minutes, il aura, par conséquent, parcouru la hauteur de 300 mètres soit pour descendre, soit pour remonter.

Partant de ces données, M. Delvaux de Fenffe calcule le temps nécessaire pour la descente et la remonte de deux cent cinquante ouvriers, soit une heure cinquante-quatre minutes, et il évalue la dépense en perte de temps et frais de la machine à 17,000 francs par année. Ajoutant 5,200 francs pour l'amortissement et l'entretien, la dépense totale est seulement de 22,200 francs par année.

La dépense occasionnée par les échelles étant, ainsi que nous l'avons dit précédemment, de 87,000 francs, une warocquère présenterait une économie de plus de 60,000 francs, comparativement à l'usage des échelles. C'est à peu près le prix de la warocquère, y compris les frais de construction et de pose, qui se trouverait ainsi regagnée dès la première année.

Cette économie serait loin d'exister dans les mêmes proportions pour les fosses guidées qui descendent leurs ouvriers dans les cages et dont les machines d'extraction ont le temps de faire ce service. Pour des profondeurs moyennes, 300 mètres par exemple, une machine d'extraction peut faire par heure quinze voyages d'ouvriers, c'est-à-dire transporter cent quatre-vingts personnes au fond. En une heure et demie, elle aura fait ce service avec plus de frais, il est vrai, qu'une machine spé-

ciale, mais avec autant de sécurité, quoiqu'on ait soutenu le contraire.

Une fahrkunst exige, en effet, de la part de l'ouvrier une certaine attention et une certaine intelligence. S'il vient à faillir, il peut avoir, au moment du départ, les pieds sur les deux paliers et être précipité ou blessé, comme cela est arrivé tant de fois. Dans le service des cages, la vie des hommes est confiée à la fois aux câbles et aux parachutes, et nous pensons qu'une statistique impartiale des accidents pourrait bien démontrer que les câbles et les parachutes sont encore plus sûrs que les tiges oscillantes.

La warocquère, ou plutôt le balancier hydraulique, qui en forme le trait caractéristique, présente un inconvénient, c'est la déperdition de l'eau par les fuites auxquelles peuvent donner lieu les pistons, et le passage de leurs tiges dans les stuffing-box. Pour remédier à cet inconvénient, une petite machine à vapeur est employée à refouler de l'eau dans les cylindres du balancier hydraulique, toutes les fois que le niveau a sensiblement baissé.

On a cherché à remplacer le balancier hydraulique par l'emploi exclusif de la vapeur. Ainsi, en suspendant les tiges oscillantes d'une fahrkunst aux pistons de deux cylindres à vapeur juxtaposés, on pourra imprimer le mouvement alternatif à ces tiges. Comme ce mouvement doit être exactement solidaire, les deux tiges devront être réunies par un moyen mécanique quelconque qui établira cette solidarité.

échiennes, a construit plu-
ylindres, dont la planche L
onstruction.

été établie à la houillère du Bou-
oy, sur une hauteur de 330 mètres.
mmé aux paliers $0^m,70$ sur $0^m,60$ (dimen-
nt été un peu réduites pour les fahrkunst de
et de Strepy). Les paliers sont soutenus par
me de trois tringles en fer méplat, qui ont pour
60 mètres supérieurs $0^m,08$ sur $0^m,02$ et pour les
0 mètres inférieurs $0^m,06$ sur $0^m,02$. Trois appareils
d'équilibre relient l'une à l'autre les tiges oscillantes; ces appareils consistent en deux chaînes passant sur deux poulies, chaque chaîne étant attachée par ses extrémités aux deux tiges, de telle sorte que leurs mouvements d'oscillation aient exactement la même vitesse et la même amplitude. Les trois appareils d'équilibre servent en même temps à réduire les poids supportés par la partie supérieure des tiges: le premier est établi à 40 mètres, le second à 110 mètres, et le troisième à 180 mètres.

Quant au mécanisme qui imprime à ces deux tiges le mouvement alternatif de 3 mètres de course, la planche L en explique suffisamment la disposition générale, et l'on trouvera tous les détails de la construction dans le mémoire de M. Delvaux de Fenffe.

Les deux cylindres moteurs ont $0^m,55$ de diamètre et 3 mètres de course; la distribution, qui se manœuvre à la main, est à simple effet. Les tringles des pistons, de

$0^m,09$ de diamètre, soutiennent directement les tiges oscillantes, dont les trois tringles sont en fer rond, seulement à la partie supérieure.

La solidarité des tiges oscillantes est établie par deux crémaillères en fer forgé, engrenées avec le même pignon, composé d'une couronne en fer forgé, calé sur un moyeu en fonte. Les crémaillères ont $3^m,50$ de longueur et portent soixante dents, elles sont appuyées sur des rouleaux de friction qui les empêchent de s'écarter dans aucun sens.

Les crémaillères et les pignons sont les parties qui s'usent le plus rapidement, et l'on a été conduit dans la pratique à augmenter encore les dimensions indiquées par le plan.

Le cylindre dit *comprimeur* ou régulateur a $0^m,28$ de diamètre, et ses deux lumières extrêmes sont réunies par un tuyau de $0^m,08$, étranglé par un robinet. Ce cylindre est maintenu plein d'eau. A chaque oscillation, l'eau passe donc d'un côté à l'autre du piston, et la vitesse de ce passage est réglée par l'ouverture du robinet. Le piston du comprimeur reçoit le mouvement du pignon, de telle sorte que la vitesse de l'eau règle ainsi celle de l'appareil. Le comprimeur constitue un véritable frein.

La vitesse moyenne de cette fahrkunst est de 10 coups par minute, la vitesse utile est donc $\frac{10 \times 3}{60} = 0^m,50$ par seconde.

Les expériences ont été faites au Boubier pour déter-

[redacted] de travail et de résistance de cet [redacted] étant de 330 mètres, il y avait [redacted] travail maximum était dans l'hypo- [redacted] ouvriers se trouveraient montant sur une [redacted] tandis qu'aucun ne descendrait sur [redacted] de manière à faire équilibre. Le poids de [redacted] était alors de 3,850 kilogrammes chargeant [redacted] tige, poids que le cylindre manœuvrait sous [redacted] pression de $2^{kil},32$ par centimètre carré, soit un [redacted] de 5,510 kilogrammes. Le coefficient était donc [redacted] pour 100, et l'effort correspondant à 36 chevaux, [redacted] la vitesse utile, de $0^{m},50$ par seconde, précédemment indiquée.

M. Delvaux de Fenffe analyse de la manière suivante le service de l'appareil, en admettant un poste de jour de 250 ouvriers et un poste de nuit de 125 :

La vitesse de translation étant de 30 mètres par minute, il faudra au premier ouvrier 10 minutes pour descendre à 330 mètres de profondeur, et comme la machine marche à dix coups doubles par minute, 10 hommes arriveront au fond pendant ce temps.

Pour l'entrée du premier poste, la machine travaillera $10 + \frac{259}{10} = 35$ minutes. Le même temps est nécessaire pour sa sortie; donc la machine travaillera 1 heure 10 minutes.

La circulation du poste de nuit, pouvant avoir lieu pendant celle du poste de jour, ne causera aucun supplément de dépense.

[illegible] ouvrier du poste de jour perdra en moyenne [illegible] celui de nuit 32′,4″ : perte moyenne, [illegible]rement à l'usage des échelles, c'est [illegible] considérable, obtenue à la fois par celle [illegible] ouvrier et surtout par celle de ses forces, [illegible] ménagées pour le travail dans la mine. [illegible] trouve en partie indiquée par le sup- [illegible] centimes que l'on paye aux ouvriers qui [illegible] de descendre par les échelles dans [illegible] du Nord, où il n'existe pas encore [illegible] de circulation. Nous disons en partie, [illegible] ayant ce supplément, on n'obtient pas [illegible] de descendre et de remonter par [illegible] le travail que l'on obtiendra lorsque [illegible] ne lui sera plus imposée.

# CHAPITRE III.

## AÉRAGE.

### LAMPES DE SURETÉ, FOYERS D'AÉRAGE, VENTILATEURS A FORCE CENTRIFUGE, POMPES ROTATIVES, MACHINES PNEUMATIQUES.

L'air et la lumière sont des conditions dont on a peu à se préoccuper dans les mines métalliques, mais qui dans les houillères présentent les difficultés les plus graves, par suite de la présence très-fréquente du gaz hydrogène protocarboné ou *grisou*.

L'inflammation du grisou mélangé à l'air atmosphérique produit les détonations les plus violentes et peut frapper de mort tous les ouvriers d'un ou de plusieurs chantiers, soit en les frappant ou les brûlant directement, soit en les asphyxiant par l'énorme quantité d'acide carbonique qui se trouve subitement produite et qui envahit les travaux. C'est ainsi que vingt, trente ouvriers et plus peuvent périr subitement! Le coup de grisou de février 1857, à Lundhill, près Barnsley, a coûté la vie à cent soixante-dix personnes.

La science n'a trouvé jusqu'ici que deux précautions à opposer aux dangers de l'inflammation du grisou:

1° Les lampes de sûreté, qui peuvent brûler et éclairer sans transmettre la flamme aux gaz inflammables et détonants;

2° L'aérage, c'est-à-dire la création d'un courant d'air ventilateur qui entraîne au dehors de la mine les gaz délétères, à mesure qu'ils se produisent.

Théoriquement, une houillère bien aérée et éclairée par des lampes de sûreté bien entretenues, devrait être à l'abri de tout accident par l'inflammation du grisou; il n'en est pas ainsi : chaque fois qu'un accident se produit, on cherche vainement quelles sont les causes qui peuvent l'expliquer; les ouvriers, qui pourraient donner des éclaircissements à cet égard, sont en général les premières victimes, et l'on est réduit à supposer qu'une lampe a été ouverte avec intention ou brisée par un choc accidentel.

Cette cause, si minime qu'elle paraisse pour des conséquences si funestes, est, en effet, celle qui est généralement la plus probable. Les ouvriers sont si peu soucieux du danger qui les environne, et avec lequel ils sont en contact permanent, qu'il est difficile d'obtenir d'eux qu'ils s'abstiennent d'ouvrir leurs lampes lorsqu'ils trouvent sa clarté insuffisante ou lorsqu'ils veulent fumer. On a été obligé d'appliquer aux lampes des fermetures dont les garanties sont presque toujours insuffisantes.

### LAMPES DE SURETÉ.

La lampe Davy est à peu près la seule qui soit en usage en France. Le cylindre, en toile métallique, qui

couvre la flamme, doit être fait avec de la toile de 144 ouvertures au centimètre carré. Le diamètre des fils doit être de 0,18 de millimètre, la largeur des trous de 0,56, de telle sorte qu'il y ait 4/9 de plein et 5/9 de vide. La hauteur du cylindre est de 0,15; le diamètre à la base de 0,040, et de 0,035 à la partie supérieure.

Les dimensions de la lampe de sûreté n'ont été ainsi fixées par Davy qu'après de nombreuses expériences, et l'on ne peut s'en écarter sans compromettre les conditions de sécurité qu'elle assure. Cependant, le peu de lumière que laisse passer la toile métallique, surtout lorsqu'elle est salie par l'huile et la poussière de houille, a souvent conduit à altérer ces dimensions. On a diminué le diamètre des fils et l'on a augmenté, sans explication plausible, le diamètre et la hauteur du cylindre, et, par conséquent, le cube du gaz brûlant à l'intérieur. Les lampes ainsi construites ne doivent être adoptées sous aucun prétexte.

En opposition à ces modifications nuisibles, nous mentionnerons les perfectionnements précieux résumés dans la construction de la lampe Dubrulle.

Le grand avantage de cette lampe est d'avoir été construite par un lampiste; son réservoir est pourvu d'une mèche plate avec porte-mèche mobile, de sorte que la flamme est à la fois plus éclairante et plus facile à gouverner. Le point important est qu'un mécanisme simple, une fois la lampe allumée et fermée, ne permet plus de l'ouvrir sans préalablement éteindre la mèche. On remédie ainsi au danger de l'ouverture des lampes par un

ouvrier inintelligent, dont l'imprudence peut compromettre toute la population de la mine.

En présence des altérations préjudiciables et des perfectionnements avantageux dont la lampe Davy a été l'objet, on a souvent regretté qu'en France l'administration des mines ne se soit pas prononcée officiellement. Les exploitants doivent-ils se borner à prendre le type Davy? Beaucoup ont pensé, bien à tort sans doute, qu'ils n'avaient pas le droit d'adopter même un perfectionnement évident.

Cette circonspection peut paraître exagérée; mais il faut se représenter la situation de l'exploitant. après un accident grave par suite d'une explosion du grisou. Il se trouve alors en présence d'accusations qui tendent à attribuer à des négligences l'accident dont on ne trouve aucune explication. Doit-il, en présence de ce péril, s'écarter, même pour mieux faire, d'un type de construction qui est le seul mentionné dans les circulaires officielles?

Il est d'autant plus à désirer que l'administration des mines consente à se prononcer officiellement sur l'emploi des lampes de sûreté perfectionnées, que les progrès réalisés en Belgique dans l'éclairage des houillères ne profitent nullement aux nôtres.

L'administration des mines de la Belgique, instituée comme la nôtre en vertu de la loi du 21 avril 1810, a, en effet, suivi une autre marche; elle s'est elle-même placée à la tête des travaux relatifs à l'aérage, a nommé des Commissions d'enquête et a réglementé l'usage des lampes de sûreté par un arrêté spécial. Avant cet arrêté,

qui est du 1er mars 1850, les ingénieurs de l'Etat ont fait successivement connaître aux exploitants les systèmes perfectionnés de lampes de sûreté par des rapports approuvés par le ministre des travaux publics.

L'article 11 de l'arrêté royal porte que l'emploi des lampes de sûreté admises par l'administration des mines est obligatoire pour les houillères à grisou.

Or, la lampe Davy n'est autorisée que si la toile métallique du cylindre contient 225 mailles au centimètre carré, au lieu de 144; d'autre part, il résulte évidemment des documents belges que les lampes à enveloppe de cristal sont recommandées de préférence à la lampe Davy.

La lampe Mueseler est principalement recommandée par l'administration des mines en Belgique. Dans une instruction publiée le 15 décembre 1842 par ordre du ministère des travaux publics, il est dit que la lampe Davy présente les inconvénients suivants :

1° Dans un mélange explosif d'air et d'hydrogène pur, l'inflammation se communique à travers le tissu métallique. On peut craindre, avec quelque fondement, que le même phénomène ne se présente parfois dans les mélanges de gaz, de nature si variée et souvent inconnue, que l'on rencontre dans les mines.

2° L'inflammation des mélanges détonants peut se propager au dehors, nonobstant la toile métallique, dans un courant d'air rapide (1m,50 de vitesse par seconde), comme il s'en rencontre accidentellement dans les mines, au passage des portes, dans des rétrécissements de voie et même dans des galeries ordinaires.

3° Le moindre choc peut déformer la toile ou élargir seulement une maille, et rendre ainsi l'appareil entièrement inefficace.

4° Les toiles métalliques, en contact avec le réservoir, se chargent quelquefois d'une pâte combustible formée d'huile et de poussière de charbon, qui peut s'allumer à l'intérieur et porter, dans certains cas, la flamme à l'extérieur. Cette pâte a pour effet de rendre difficile l'accès de l'air destiné à la combustion, et d'altérer sensiblement la quantité de lumière transmise. La présence de l'huile oblige, en outre, à nettoyer les toiles par le feu ; ce qui les détériore et les met promptement hors de service.

5° Le gaz, qui afflue dans la lampe, continue parfois à y brûler avec intensité, même après que la mèche est retirée ; il échauffe la toile de manière à la déformer ou à effrayer l'ouvrier, dans le moment où le sang-froid lui serait le plus nécessaire. Celui-ci peut alors déterminer l'explosion, soit par un mouvement brusque, soit en soufflant sur la flamme ou en cherchant à l'éteindre dans ses vêtements.

Tous ces défauts disparaissent complétement par les modifications dues à M. l'ingénieur Mueseler, dont la lampe réunit, à un degré remarquable, toutes les conditions d'un bon appareil de sûreté. Cette lampe, construite dans les conditions indiquées par les circulaires de l'administration belge, est un progrès évident sur la lampe Davy. L'instruction publiée en 1842 énumère ainsi ses avantages :

1° La propriété de s'éteindre, quand il y a abondance de gaz explosifs, la rend complétement de sûreté, même dans un mélange d'air et d'hydrogène pur. Elle conserve cet avantage avec des toiles de 121 mailles au centimètre carré, et même lorsqu'on supprime entièrement le cylindre de toile métallique. L'extinction de la lampe, au moment du danger, soustrait à toute chance d'accident l'ouvrier le moins attentif ou le moins expérimenté. M. Mueseler a donc résolu, de la manière la plus heureuse, le problème qu'on devait se proposer dans la confec-

tion d'une lampe de sûreté : trouver une disposition telle que la lampe s'éteigne promptement au milieu de mélanges détonants.

2° Le verre n'interceptant qu'une très-faible quantité de lumière, la nouvelle lampe présente un degré de clarté bien supérieur à celui des lampes anciennes. (Le rapport entre les intensités de lumière a été trouvé, terme moyen, de 1,8 à 1.)

3° Les courants d'air rapides, loin d'influencer la flamme d'une manière nuisible soit à la sûreté, soit à la clarté, ne font qu'activer la combustion; cette circonstance rend cette lampe précieuse pour la circulation dans les galeries où l'air se meut avec une grande vitesse.

4° Les toiles métalliques, étant éloignées du réservoir d'huile, ne reçoivent qu'une poussière sèche qui s'enlève avec facilité, sans qu'il soit nécessaire de recourir à l'action du feu. Ces toiles se détérioront donc moins promptement que celles des lampes ordinaires. (On peut leur accorder une durée au moins quadruple.)

Ces toiles sont disposées de manière à prévenir tout danger. L'une d'elles, placée horizontalement dans l'intérieur, est complétement abritée, et la détérioration de l'autre n'altère pas sensiblement le degré de sûreté de la lampe.

5° La flamme étant peu influencée par les courants d'air, on peut mieux régler la mèche, rendre la combustion plus uniforme, et diminuer ainsi la consommation d'huile. A la mine de l'Espérance (près Seraing), l'économie a été trouvée de 1/6, et à celle de Seraing, de 1/8.

Dans les lampes de grand modèle, comparées aux lampes de Davy de fortes dimensions, même à celles à flamme découverte, et surtout aux quinquets, cette réduction est de plus de moitié, à égalité de lumière.

6° La clarté supérieure que donne cette lampe permet de la placer à une distance plus grande de l'ouvrier, et de la soustraire ainsi aux atteintes des outils et des éclats de houille ou de roche.

7° La poussière de houille ne l'obstrue jamais jusqu'à la mettre hors de service, comme la lampe ordinaire.

En présence de documents officiels aussi précis, émanés d'une administration publique consciencieuse et éclairée; en présence de la pratique universelle des lampes Mueseler, Boty, etc., dans un pays qui extrait plus de houille que la France, quelques exploitants français ont pu se croire autorisés à adopter les lampes belges à enveloppe de cristal. L'un d'eux, à la suite d'un voyage en Belgique, crut faire acte de progrès et de bonne administration en adressant à ses mines des lampes Mueseler pour remplacer les lampes Davy; les ingénieurs refusèrent même de faire un essai de ces lampes, alléguant que, dans le cas où un accident viendrait à se produire, cette innovation pourrait engager leur responsabilité. L'abstention de notre administration peut donc empêcher les exploitants d'adopter le système d'éclairage qui pourrait mieux assurer leur sécurité.

Il existe une tendance assez générale à négliger les soins minutieux qu'exigent les lampes de sûreté lorsqu'on a un très-bon aérage. Cela est d'autant plus imprudent que l'activité du courant d'air ventilateur, dans les cas (beaucoup plus fréquents qu'on ne pense) où il se produit de grands dégagements subits de grisou, a pour effet de mélanger immédiatement le gaz avec l'air de toutes les galeries situées sous le vent du dégagement, et de rendre le danger bien plus grand que si l'on eût eu un très-faible courant d'aérage, jusqu'à ce que le mélange des gaz détonants ait pu être entraîné au dehors.

C'est pour cela que dans les mines bien ventilées les

explosions sont plus rares, mais plus meurtrières que dans celles qui le sont peu.

Les dégagements lents et continus sont peu à redouter dans les exploitations bien ventilées et avec les règles établies pour l'aérage ; mais les dégagements subits, qui sortent principalement des parties accidentées des couches, sont devenus les éléments principaux du danger. En quelques instants, des galeries entières sont envahies par des mélanges détonants, et si un accident quelconque vient mettre le feu à ce mélange, l'explosion qui en résulte prend des proportions inconnues avant les grands appareils de ventilation.

Quelques réflexions et quelques exemples cités par sir John Hedley dans son *Traité pratique d'exploitation* (traduit par MM. Lambert et Modesse) viennent à l'appui de nos assertions.

« Dans aucun bassin houiller, la ventilation et l'ordre n'ont atteint, dit-il, un plus haut degré de perfection que dans le bassin de Newcastle.

« Les mines sont sujettes à des éruptions subites de grisou contenu dans des fissures des couches ou même des roches avoisinantes. Les particularités rapportées ci-après feront apprécier quelles quantités de gaz peuvent ainsi se dégager subitement.

« Deux éruptions de gaz eurent lieu à la houillère Valker, près Newcastle, dans une couche située à 293 mètres de profondeur. La première (13 novembre 1846) se produisit dans deux tailles qui approchaient d'une petite faille ; on observa dans les voies d'aérage

qu'un volume d'air de 1,000 mètres cubes environ fut rendu explosif par le dégagement. L'air circulait avec une vitesse de $1^{m},80$ par seconde, et vingt minutes après le dégagement il n'y avait plus trace de grisou.

« La seconde éruption (10 décembre 1846) se produisit dans des circonstances analogues; les ouvriers entendirent un bruit violent semblable à un jet de vapeur, et aussitôt l'air devint explosif sur une longueur de galerie de plus de 585 mètres. A 365 mètres du point de dégagement, un surveillant, voyant sa lampe remplie de feu, fit rentrer la mèche dans le réservoir; malgré cela, le gaz continua à brûler pendant dix minutes dans cette lampe, dont la toile se trouva portée presque au rouge. A 585 mètres, des ouvriers, effrayés par les mêmes symptômes, éteignirent leurs lampes dans l'eau. L'air circulait avec une grande vitesse, et quinze minutes après le danger avait disparu.

« Le professeur Phillips mentionne une éruption de gaz à la houillère d'Haswell, près Durham. Le soufflard se fit sentir dans deux tailles aérées avec une vitesse de plus d'un mètre par seconde; les ouvriers entendirent un bruit qu'ils comparèrent à celui d'une chute d'eau. M. Taylor estime que le dégagement fut de plus de 110 mètres cubes de grisou, et qu'il a rendu explosifs près de 1,000 mètres cubes d'air dans les travaux. Dans un autre exemple, à Wigan, dans le Lancashire, un dégagement dura huit jours, pendant lesquels les tailles où il se produisait restèrent inabordables, malgré l'aérage le plus actif. »

N'est-il pas évident que, dans le cas où il se produit ainsi des dégagements très-abondants, la ventilation, en opérant le mélange, rend le danger beaucoup plus grand, et que si, parmi les ouvriers qui se trouvent sur le passage de l'air ainsi mélangé, il s'en rencontre un assez négligent ou assez imprudent pour n'avoir pas sa lampe en état, ou pour vouloir en souffler la flamme, il se produira une explosion des plus terribles?

Les lampes de sûreté sont donc la base de la sécurité des mines, et l'on ne saurait apporter trop d'attention et de sollicitude aux détails de leur construction et de leur emploi.

Les lampes à enveloppe de cristal, dans ces périodes de danger auxquelles donnent lieu les dégagements subits du grisou, ont, sur la lampe Davy, l'avantage de ne pas permettre de souffler la flamme de la lampe, ce que les ouvriers sont toujours tentés de faire lorsqu'ils voient le cylindre de toile métallique se remplir de flamme. En essayant de souffler ainsi la flamme, on la projette infailliblement hors de la toile métallique et l'on détermine l'explosion que l'on croyait éviter.

Le fait est arrivé récemment dans une exploitation du Gard, et c'est le maître mineur lui-même, homme habile et expérimenté, qui détermina l'explosion. Un mineur qui l'accompagnait l'avertit que sa lampe Davy se remplissait de flamme, aussitôt, sans réflexion, il l'éleva jusqu'à la hauteur de sa bouche et es-

saya de souffler la flamme; la projection de la flamme et l'explosion du grisou extérieur se produisirent immédiatement; les deux mineurs furent cruellement brûlés, mais sauvés, et ils purent raconter comment le fait s'était produit. S'ils avaient péri tous deux, on eût retrouvé leurs corps et leurs lampes, sans aucune explication possible de l'accident. Que d'accidents inexpliqués peuvent avoir été produits de cette manière, lorsqu'on songe que le chef mineur qui obéit à ce mouvement involontaire était un homme expérimenté et qu'à plus forte raison doit-on se défier des ouvriers qui peuvent faire de même sans comprendre qu'ils font mal.

Dans les cas de dégagements lents du grisou, les lampes à enveloppe de cristal indiquent mieux que les lampes Davy la composition de l'atmosphère, on apprécie mieux la dilatation de la flamme et l'aigrette bleue qui en termine la partie supérieure à travers le cristal qu'à travers une toile métallique toujours salie par la poussière de la houille.

Les observations journalières sur la composition de l'atmosphère des mines ont plus d'importance qu'on ne le croit généralement. M. Paul Thénard, en s'occupant de cette question dans une mine où la lampe Davy n'accusait rien, a démontré par l'analyse de l'air que les proportions du grisou étaient cependant de nature à être prises en considération. Il a indiqué les moyens d'établir un système d'analyse de l'air des mines simple et rapide, système dont l'utilité se trouve dé-

montrée par les nombreuses observations faites en Angleterre.

M. Dobson a fait des recherches sur 514 explosions de feu grisou qui sont arrivées de 1743 à 1854 dans les houillères de la Grande-Bretagne. Il a trouvé que le nombre des explosions est en rapport presque constant avec la pression et la température de l'air. Le minimum d'explosions pour le même mois est de 23 et correspond à février; le minimum d'explosions en cinq jours est de 1 et correspond à la période du 20 au 25 janvier, période la plus froide de l'année. Le maximum d'explosions en un mois est de 55 et tombe en juin; le maximum en cinq jours est de 12 et coïncide soit à la période du 9 au 14 juin, soit à celle du 9 au 14 juillet, périodes de températures élevées. Il a trouvé encore qu'en octobre, novembre et décembre, les nombres d'explosions ne sont pas aussi petits qu'ils devraient l'être, si on ne tenait compte que de la température, et que l'influence de la pression atmosphérique est alors l'influence dominante. Ces mois, en effet, sont ordinairement caractérisés par des rafales ou tempêtes qui correspondent à des abaissements considérables et subits de la colonne barométrique.

M. Dobson fait remarquer que parmi ces 514 explosions, qui toutes ont été fatales et ont causé la mort d'un ou plusieurs mineurs, on en compte 22 en 1850; 53 en 1851; 67 en 1852; 75 en 1853; 77 en 1854. Il attribue la plus grande partie de ces explosions aux dépressions barométriques que déterminent les grands

saya de souffler la flamme; la proje[illegible] sur l[illegible]
et l'explosion du grisou extérieur [illegible] marche[illegible]
médiatement; les deux mineurs [illegible] terminée par
brûlés, mais sauvés, et ils puren[illegible] par cinq ex-
fait s'était produit. S'ils avaien[illegible] inq mines diffé-
retrouvé leurs corps et leurs [illegible] endant la durée
cation possible de l'accident. [illegible] métrique causée
qués peuvent avoir été [illegible]
lorsqu'on songe que [illegible] ujourd'hui admises
mouvement involontai[illegible]
et qu'à plus forte raiso[illegible] mineur que pour le
qui peuvent faire d[illegible] romètre et le thermo-
mal.

Dans les cas [illegible] si l'on fait descendre
lampes à enve[illegible] baromètre est très-bas
lampes Day[illegible] vent être excessives;
précie mie[illegible] métriques et thermomé-
bleue qui [illegible] moment de la descente
cristal q[illegible] des intervalles suffi-
par la p[illegible] ment les moments où l'on

Les [illegible] mander aux ouvriers un
l'atm[illegible]
le cr[illegible] endre les mineurs lors-
de [illegible] grisou sont de la plus
n'a[illegible] faire l'objet d'un ensei-
pr[illegible] des instructions sur
ét[illegible] les lampes pendant le
c[illegible] sur la manière d'é-
[illegible] rougir, de rafraîchir

linge mouillé lorsque le gri-
enfin sur les précautions à
tire. Cet enseignement peut pa-
pourtant bien essentiel, car lors-
tionner les mineurs sur les propriétés
vont avec regret qu'il n'y a peut-être pas
qui les connaisse.

### DE L'AÉRAGE DES TRAVAUX SOUTERRAINS.

La condition la plus essentielle de la sécurité d'une mine (après l'emploi des lampes de sûreté) est l'aérage, c'est-à-dire la création d'un courant d'air suffisant pour entraîner au dehors tout l'air vicié et suréchauffé, avec tous les gaz délétères qui peuvent se dégager dans les travaux.

On admet que, dans les galeries ou tailles d'où se dégage le grisou, la vitesse du courant d'air doit être de plus de $0^m,60$ par seconde et ne doit pas dépasser $1^m,20$.

Cette vitesse de $0^m,60$ à $1^m,20$ par seconde est nécessaire pour déterminer la diffusion du grisou et de l'acide carbonique, empêcher leur stationnement et la liquation qui en résulterait par suite des différences de pesanteur spécifique. La vitesse de $1^m,50$ pourrait projeter la flamme des lampes à travers les toiles métalliques et produire l'inflammation des mélanges détonants, dont on ne peut pas toujours empêcher la formation.

Dans les galeries ou puits de retour d'air, voies dans lesquelles sont remis les divers courants d'air qui ont parcouru les chantiers, pour être expulsés au dehors, la vitesse peut, sans inconvénient, être supérieure à $1^{m},20$, car les ouvriers ne les fréquentent pas. Dans les voies d'entrée d'air, qui sont quelquefois à grande section, dans lesquelles l'air vicié ne passe jamais, la vitesse peut sans danger descendre au-dessous du minimum de $0^{m},60$ par seconde. Mais, dans les chantiers d'abatage où l'on peut, à chaque moment, rencontrer des *soufflards* ou dégagements subits de grisou, dans les montages que l'on ne peut pas éviter et d'où le grisou ne peut être expulsé que par un aérage descendant, il importe de maintenir une vitesse d'au moins 1 mètre par seconde.

En général, le courant d'aérage descend par les puits d'extraction, parcourt les *bouveaux* de roulage et les *chassages* ou voies de direction, est divisé et réparti entre les différents chantiers par des cloisons, des portes pleines et des portes à guichet, suit en montant les *costresses* et les *tailles*, puis arrive dans les *troussages* supérieurs qui le conduisent au bouveau et au puits de sortie ou puits d'aérage. Dans tout ce parcours, on n'étudie sa vitesse que dans les tailles et dans les montages, c'est-à-dire dans les voies qui peuvent présenter du danger. Si le courant paraît trop faible, l'air est lourd et chaud, et les maîtres mineurs réclament une accélération de ventilation; si le courant d'air est trop vif, l'air est froid et le vent gêne les ouvriers, qui récla-

ment bientôt une ventilation plus modérée, et, suivant le terme consacré, *demandent grâce.*

L'aérage s'établit donc par tâtonnement; mais, lorsqu'on veut se rendre compte de la quantité d'air qui est extraite du puits d'aérage par les appareils, il faut bien arriver à une mensuration de la vitesse. On recommande pour cela l'emploi des *anémomètres;* mais il n'en existe jusqu'à présent aucun qui puisse donner des indications certaines et qui puisse être confié à d'autres mains que celles qui sont habituées à manier des instruments de physique.

Les mineurs emploient, pour mesurer la vitesse des courants d'aérage, des moyens plus simples, la poudre ou l'amadou.

Deux observateurs se placent aux extrémités de la voie dont le courant d'aérage doit être mesuré; celui qui est à l'entrée de ce courant tire, par exemple, un coup de pistolet qui est entendu par l'observateur qui se trouve à l'extrémité opposée. L'instant de la détonation est noté, ainsi que celui où l'odeur de la poudre commence à parvenir à la station extrême et celui où l'odeur n'est plus sensible. En prenant la moyenne entre les deux dernières observations, on détermine le temps que le courant d'air a mis pour parcourir la longueur de la voie. En multipliant cette vitesse par la section moyenne des voies parcourues, on obtient le débit effectif du courant d'aérage.

Par une série d'expériences de ce genre, on a reconnu que les mines bien ventilées de la Belgique (mines qui

ne se composent généralement que d'une seule fosse d'extraction et d'un puits d'aérage) reçoivent un courant de 8 à 14 mètres cubes par seconde.

Pour déterminer un pareil courant d'air, il faut nécessairement produire dans le puits de sortie un *appel*, c'est-à-dire une diminution de densité de l'air, qui peut se mesurer par une dépression manométrique de plusieurs centimètres d'eau.

La même dépression ne produira pas toujours le même résultat. Dans une mine dont les voies, et notamment les voies de retour d'air, sont très-larges, une dépression manométrique de $0^m,02$ à $0^m,03$ d'eau suffira; mais si les voies sont à petites sections et les parcours longs et sinueux; surtout si, comme cela arrive le plus souvent, le puits d'aérage n'a qu'un petit diamètre, il faudra, pour obtenir ce courant, des dépressions de $0^m,07$ et au delà.

Les moyens d'aérage sont donc variables suivant les circonstances, et comme les circonstances varient elles-mêmes suivant les localités, il tend à se produire des modes et des habitudes qui se substituent à l'appréciation exacte et raisonnée.

Les procédés et les faits de l'aérage ont été l'objet, en Belgique et en Angleterre, de travaux récents qui ne sont peut-être pas assez connus en France et sur lesquels nous donnerons quelques détails en examinant successivement les divers moyens employés pour déterminer les courants d'aérage.

### FOYERS D'AÉRAGE.

Le premier aérage d'une mine se produit *spontanément* par les différences de densité naturelles que détermine l'inégalité des températures. On a ensuite été conduit à augmenter ces différences de densité en suréchauffant l'air des voies de sortie au moyen de *tocfeux* et de *foyers d'appel.*

Ces foyers pouvaient présenter de grands dangers pour l'aérage des mines à grisou; on y a obvié dans nos mines du Nord en les alimentant par des conduits spéciaux qui amènent de l'air extérieur, ou, comme dans la plupart des mines anglaises, en réservant pour l'alimentation des foyers les veines d'air qui n'ont parcouru que des travaux sans grisou.

Les foyers d'aérage ont été progressivement remplacés par des ventilateurs mécaniques dans les houillères du continent, tandis qu'en Angleterre ils sont, au contraire, tellement répandus, qu'il est difficile de trouver un autre système établi. Ainsi, dit John Hedley, « les foyers sont employés presque exclusivement pour déterminer la ventilation dans le bassin de Newcastle, de même que dans beaucoup d'autres. Ces foyers sont simples, s'établissent avec facilité et donnent de fort bons résultats; ils présentent cet avantage, qu'après leur extinction le puits d'appel, dont les parois ont été échauf-

fées, possède encore un pouvoir de ventilation considérable pendant plusieurs jours. »

Les résultats obtenus par les foyers anglais dépassent toutes les proportions établies pour l'aérage des mines du continent.

« A la houillère Hetton, l'une des plus étendues du nord de l'Angleterre, dirigée par Nicholas Wood, esq., l'appel est de 80 mètres cubes d'air par seconde, au moyen de trois foyers établis à 275 mètres de profondeur, dans un puits de $4^m,27$ de diamètre.

« A la houillère de Naswell, l'une des plus étendues du comté de Durham, 44 mètres cubes d'air par seconde circulent dans les travaux. Ce résultat est obtenu avec un foyer établi à 275 mètres de profondeur. Le diamètre du puits servant à l'entrée de l'air est de $3^m,80$, tandis que celui du puits d'appel n'est que de $2^m,60$.

« Sir John Hedley recommande aussi l'emploi des jets de vapeur à haute pression.

« La houillère de Seaton-Delaval, dans le bassin de Newcastle, dirigée par M. E. Foyter, est, dit-il, ventilée par la vapeur à haute pression, *suréchauffée* par les foyers des chaudières. Un volume d'air de 40 mètres cubes par seconde circule dans les travaux; le puits d'appel a $2^m,44$ de diamètre et 183 mètres de profondeur. La vapeur est dégagée au fond de ce puits à la pression de 2 atmosphères 1/3 par 25 orifices ayant chacun $0^m,009$ et demi de diamètre.

« Avant l'adoption de ce mode de ventilation, à la houillère de Seaton-Delaval, on se servait de deux

4 mètres
25 mètres
ait par les deux
de diamètre et

oyé exclusivement comme
ns de bonnes conditions et au
ner à l'air sortant des travaux une
tres par seconde; mais si l'on fait re-
ur le puits d'extraction, la vitesse ne
asser 2 à 3 mètres par seconde. Pour dé-
tte vitesse, on serait obligé de chauffer l'air à
nt que la chaleur détruirait promptement les
ides et les câbles. »

Dans un autre passage, M. Hedley dit enfin :

« Les foyers font circuler une grande quantité d'air dans les travaux lorsque les courants sont judicieusement distribués et que les galeries sont établies à *grande section.* »

Les résultats extraordinaires signalés par John Hedley pourraient être mis en doute s'ils n'étaient présentés dans un ouvrage dont tous les chapitres attestent une étude consciencieuse et une connaissance exacte des faits de l'exploitation. Ils s'expliquent, d'ailleurs, par cette considération que l'auteur compte si peu le combustible brûlé qu'il ne donne aucune mesure prise à cet égard et qu'il signale lui-même la température très-élevée qui est imprimée à l'air des puits d'appel par ces feux énormes. Deux foyers, ayant chacun plus de

4 mètres de surface de grille, ne produisaient à Seaton-Delaval que 25 mètres cubes par seconde. On peut se demander alors ce qu'était le foyer de Haswell, qui faisait débiter 44 mètres cubes par un puits de 2m,60 de diamètre, et ce qu'étaient les trois foyers de Hetton, qui appelaient plus de 80 mètres cubes dans un seul puits de 4m,29.

Outre cette condition d'une complète indifférence à l'égard du combustible brûlé et des frais de chauffage de ces foyers, il en faut encore une pour obtenir les résultats signalés par M. Hedley : c'est la *grande section* des galeries. Cela revient à dire, observent MM. Lambert et Modesse, que ce système ne peut pas servir avantageusement lorsqu'on a besoin d'une forte dépression pour faire circuler l'air dans les travaux, c'est-à-dire lorsque les galeries sont trop étendues et surtout qu'elles n'offrent pas une section suffisante, comme c'est généralement le cas en Belgique et dans le nord de la France, où l'épaisseur moyenne des couches en exploitation est descendue à 0m,50.

Nous ajouterons que les excellents travaux de M. Péclet sur le tirage des cheminées et des puits d'appel ne permettent pas d'engager les exploitants à faire usage de vitesses supérieures à 2 ou 3 mètres dans le puits d'appel, et de températures moyennes de l'air sortant supérieures à 45 ou 50 degrés.

Même dans nos mines du Centre, où les couches sont généralement très-puissantes, les galeries, et surtout les puits d'aérage, ont rarement de grandes sections. La

grande section des puits et galeries est un élément qui coûte cher de premier établissement et d'entretien, et, dans nos exploitations, où tout est dirigé conformément aux conditions de la plus stricte économie, où les couches sont moins puissantes et moins régulières qu'en Angleterre, où leur toit est rarement aussi solide, on ne rencontre pas les mêmes facilités pour établir et maintenir les travaux à grande section.

Nous résumons ainsi cette différence. Quelle est la dépression manométrique qui peut être obtenue par ces puissants foyers d'appel? un centimètre, environ. Or, dans la plupart des exploitations du continent, cette dépression est insuffisante; pour maintenir un aérage convenable, c'est-à-dire pour obtenir un débit d'air de 12 à 15 mètres cubes par seconde, il faut des appareils qui puissent déterminer dès dépressions de $0^m,05$ et $0^m,07$ d'eau!

Ces considérations doivent être opposées aux tentatives de propagation des foyers qui se sont produites dès que l'on a eu connaissance des résultats obtenus en Angleterre. Nous y joindrons l'appui des conclusions auxquelles a été conduit M. Jochams, ingénieur à Charleroi, qui a fait une étude approfondie de toutes les questions d'aérage.

M. Jochams s'exprime ainsi dans les *Annales des travaux publics* de Belgique :

D'abord, si l'on considère la question de l'aérage sous le point de vue économique, nous ferons observer que les expé-

riences que nous avons faites dans les mines aérées par échauffement prouvent qu'il est très-difficile de leur imprimer, sans danger, tout le développement que réclament aujourd'hui les progrès faits dans l'art des mines. Et, d'ailleurs, on sera bien obligé, par suite de la grande profondeur à laquelle les travaux seront portés dans un avenir peu éloigné, de diminuer le nombre des siéges d'exploitation et, par contre, de leur donner, en compensation, la plus grande étendue possible.

Quant à la raison d'humanité, les exploitants sont malheureusement dans l'habitude de pousser leurs travaux souterrains jusqu'à la dernière limite des moyens de ventilation dont ils peuvent disposer, et comme cette limite est vite atteinte avec l'aérage par dilatation, surtout dans la saison des chaleurs, il s'ensuit que ces exploitations sont continuellement sous le coup d'une explosion. En outre, presque tous les procédés en usage pour échauffer l'air sortant d'une mine présentent, par eux-mêmes, beaucoup de danger (à l'exception, il est vrai, de l'emploi de la vapeur).

La plupart des ingénieurs sont d'accord à cet égard, et l'on peut consulter notamment les opinions émises par MM. Boisse et Gonot dans leurs mémoires sur l'aérage, couronnés par l'Académie de Bruxelles.

Ajoutons qu'il n'y a pas de comparaison entre les difficultés que présente, en cas d'explosion, le sauvetage des ouvriers d'une mine dont l'aérage est activé par un appareil mécanique ou par échauffement. En effet, dans les mines aérées mécaniquement, il suffit, avant d'entrer dans les travaux, d'examiner si les tampons du puits d'appel ont résisté à la déflagration des gaz, et de faire marcher à sa plus grande vitesse la machine ventilatrice, afin d'envoyer dans les chantiers une masse d'air capable de suppléer à la rupture éventuelle des cloisons d'aérage et de courir ainsi la chance de sauver les ouvriers qui auraient échappé à l'action immédiate du coup de feu. En cette occurrence, la descente dans la mine ne présente, sous le rapport de la ventilation, que peu ou point de danger aux personnes qui se disposent à parcourir les galeries souterraines pour faciliter

des ouvriers qui ont été épargnés par le fléau destruc-
ou pour en retirer les victimes.

Mais il n'en est pas ainsi quand la mine est aérée par
soufflement. D'abord, il est impossible d'augmenter, comme
me le cas précédent, le tirage ou la quantité d'air qui descend
dans les travaux ; et ensuite, si c'est un foyer dont on fait usage,
les travailleurs redouteront constamment qu'il ne provoque lui-
même une seconde explosion ; aussi se gardera-t-on bien de
rétablir, à l'intérieur, aucune des cloisons d'aérage, toujours
dans la crainte d'envoyer sur le foyer un mélange détonant,
surtout lorsque ce foyer est plus élevé que l'orifice par lequel
l'air vicié débouche dans le puits de sortie. En outre, il est
des circonstances, et nous en rappellerons une très-récente, où
il serait impossible aux hommes les plus courageux et les plus
dévoués d'aborder la mine.

Les motifs développés par M. Jochams ont fait adopter de préférence les ventilateurs mécaniques dans presque toutes les houillères de la Belgique. En France, nous suivons avec raison l'exemple donné par la Belgique, et chaque année les ventilateurs mécaniques se multiplient.

Les ventilateurs appliqués à l'aérage des mines sont aujourd'hui assez nombreux pour qu'il soit difficile de faire un choix en toute connaissance de cause. Les systèmes sur lesquels nous croyons devoir principalement appeler l'attention des exploitants sont :

Les ventilateurs à force centrifuge, le ventilateur Fabry, le ventilateur Lemielle, la vis hydro-pneumatique, les machines pneumatiques horizontales.

Chacun de ces systèmes présente des avantages et des inconvénients, de telle sorte qu'il est difficile, dans

l'état actuel des faits, de recommander l'un plutôt que les autres d'une manière absolue. Il est, en effet, des cas particuliers où le système qui semble le moins avantageux convient cependant mieux que tel autre qui lui sera généralement supérieur.

La plupart des ingénieurs qui se sont occupés des ventilateurs ont cherché à démontrer que celui auquel ils accordaient leur préférence consommait moins de charbon que les autres. Ils se sont donc appliqués à préciser autant que possible l'effet utile. Telle n'est pas cependant la question la plus importante. Un ventilateur de mine doit avant tout fournir un débit d'air considérable, déterminer au besoin une grande dépression manométrique et fonctionner avec une régularité qui ne permette pas les chômages. Il doit être d'un prix modéré, d'une installation prompte, d'une exécution et d'un entretien faciles. Ces conditions étant obtenues par un ventilateur qui ne donnera que 35 ou 40 pour 100 d'effet utile, le rendront préférable à un ventilateur qui donnerait 50 ou 60 pour 100, mais qui ne satisferait qu'en partie aux exigences de l'exploitation.

### VENTILATEURS A FORCE CENTRIFUGE.

Les ventilateurs à force centrifuge ont été essayés les premiers, il y a près de vingt ans. Un ventilateur horizontal de $1^{m},20$ de diamètre, monté au Grand-Hornu, ne donna qu'un effet utile inférieur à 20 pour 100; le système fut condamné et abandonné sans qu'on se soit

donné la peine d'examiner si l'insuccès de ce premier appareil ne résultait pas des circonstances particulières de son installation.

Le ventilateur à force centrifuge présente pourtant des avantages qui sont de nature à compenser un peu plus de dépense en combustible : il est d'une construction facile et peu coûteuse, son entretien est des plus simples, son débit d'air peut être rapidement augmenté avec la vitesse, et telle est la simplicité de ses organes, qu'on n'a pas à en redouter de chômages. Un dimanche, par exemple, l'appareil peut être entièrement démonté, réparé et remonté. Ces avantages sont bien de nature à compenser un excès de consommation de houille, surtout lorsqu'on se propose d'aérer une houillère et que l'on peut appliquer à l'entretien des machines des charbons de qualité inférieure, et par conséquent d'un prix très-réduit. Cette compensation est d'autant plus logique, que des applications postérieures du ventilateur à force centrifuge ont démontré qu'en l'établissant dans de bonnes conditions, on pouvait obtenir un effet utile à peu près égal à celui des meilleurs appareils.

Nous appelons de bonnes conditions de construction : l'augmentation du diamètre du ventilateur, celle de la section des ouïes et des conduits adducteurs de l'air, de telle sorte que dans aucune partie de son parcours le courant d'air ne se trouve étranglé; enfin, la diminution de la vitesse de l'appareil qui doit faire au plus de 200 à 300 tours par minute.

M. Cabany s'est appliqué, lorsqu'il dirigeait les charbonnages belges, à préciser les résultats des ventilateurs à force centrifuge, établis verticalement et d'après la disposition adoptée par M. Letoret. Il a démontré, par une série d'expériences, qu'en employant des ventilateurs de $3^m,30$ de diamètre, qui faisaient au maximum 300 tours par minute, on pouvait obtenir des dépressions manométriques considérables, c'est-à-dire de $0^m,03$ à $0^m,05$ d'eau et des volumes d'air de 12 et 14 mètres cubes par heure.

La planche LI indique les conditions de construction des ventilateurs appliqués, par M. Cabany, aux diverses fosses de l'Agrappe et de l'Escouffiaux (couchant de Mons). On voit que ces ventilateurs à quatre palettes inclinées sont enveloppés dans un coursier en maçonnerie; l'air est appelé de chaque côté par les *ouïes*, ouvertures circulaires auxquelles aboutissent les conduits adducteurs de l'air aspiré; il est refoulé par une large ouverture laissée à la circonférence du coursier.

Le ventilateur n° 2 de l'Agrappe, dont le tracé est indiqué figure 6 de la planche LI, présentait les dimensions suivantes :

| | |
|---|---|
| Diamètre extrême..... | $3^m,10$ |
| Diamètre des ouïes..... | $1^m,60$ |
| Largeur entre les deux murs des ouïes. | $0^m,93$ |

A la vitesse de 260 tours, on a obtenu une dépression de plus de $0^m,03$, et un débit d'air de 12 mètres cubes par seconde.

Un modèle plus petit, le ventilateur n° 7 de l'Escouffiaux, représenté figure 7, avait pour dimensions :

| | |
|---|---|
| Diamètre à l'extrémité des ailes..... | $2^{m},86$ |
| Diamètre des ouïes..... | $1^{m},40$ |
| Largeur entre les deux murs des ouïes... | $1^{m},20$ |

Pour une vitesse de 185 tours par minute, on a obtenu une dépression de $0^{m},05$ et un débit d'air de $6^{mc},500$.

La comparaison de ces deux résultats prouve que la dépression obtenue dépend de la résistance plus ou moins grande de l'air aspiré dans le puits d'appel et que cette dépression peut, au besoin, atteindre le chiffre de $0^{m},05$ d'eau.

Les expériences faites sur les ventilateurs de l'Agrappe et de l'Escouffiaux ont démontré que l'on pouvait obtenir des ventilateurs à force centrifuge un effet utile beaucoup plus considérable que l'on n'avait d'abord pensé. Cet effet utile a été de 40 pour 100 pour le ventilateur n° 1 de l'Agrappe et de 44 pour 100 pour le n° 7 de l'Escouffiaux. Depuis ces expériences, M. Guibal a introduit dans la construction de ces ventilateurs un perfectionnement qui permet d'en faire varier les effets et d'obtenir à volonté d'un ventilateur le maximum de dépression qu'il peut produire, dans des conditions données de diamètre et de vitesse.

Le ventilateur de M. Guibal est représenté planche LII. Il a, pour cet exemple, un diamètre de $4^{m},80$ et une largeur entre les murs de $1^{m},80$. Une seule ouïe

sert à l'adduction de l'air, son diamètre étant de 2m,50. Plusieurs essais paraissent avoir pour conclusion que les deux ouïes ne sont pas nécessaires et que pour ces grands diamètres une seule suffit. Or, il résulte de cette simplification une économie notable dans la construction.

Ce ventilateur est composé de six ailes dont l'inclinaison, par rapport aux rayons, est obtenue au moyen de la disposition particulière de deux moyeux hexagonaux sur lesquels les bras sont montés.

Le trait le plus caractéristique de la construction est la vanne mobile *a a'*, dont les diverses positions permettent de faire varier la section de l'orifice de sortie.

La vanne mobile, ainsi construite, résume tout le secret de l'invention, qui paraît basée sur le fait suivant : Dans la plupart des ventilateurs à force centrifuge, lors même qu'ils sont enveloppés, l'orifice de sortie de l'air est généralement trop considérable. Il en résulte que lorsqu'on imprime à ces ventilateurs une grande vitesse pour obtenir une forte dépression, il se fait des rentrées d'air par cet orifice même, rentrées qui neutralisent une partie de l'effet utile. Mais si l'orifice est réglé par une vanne qui n'est autre chose qu'une portion du coursier rendue mobile, on peut, par tâtonnement, en réduire la section. On voit alors augmenter la dépression pour une vitesse déterminée, jusqu'à un maximum, auquel on arrête le rétrécissement de l'orifice de sortie.

Chaque régime de vitesse exigeant un orifice parti-

culier, les sections convenables ne peuvent être obtenues que par tâtonnement au moyen d'une vanne mobile disposée ainsi que l'indique la planche LII.

Le ventilateur, planche LIII, construit par M. Duvergier, et appliqué sur plusieurs puits des houillères de Blanzy et du bassin de la Loire, n'est autre chose qu'un ventilateur à force centrifuge.

Un axe vertical porte un système de palettes obliques. Ces palettes sont soutenues à la partie supérieure par un cône renversé qui restreint un peu l'orifice de sortie de l'air, et à la partie inférieure par un anneau en fonte porté sur un croisillon. Cet anneau pénètre dans une rainure cylindrique, fixée sur la plaque de fondation. Cette pénétration, sans contacts, suffit pour faire le joint entre la partie mobile et la partie fixe. L'air, mis en mouvement par les palettes, est appelé par l'ouïe inférieure et rejeté vers la circonférence extrême, tangentiellement au cône renversé.

Le ventilateur à force centrifuge, ainsi disposé, perd le caractère de simplicité qui lui fait donner la préférence dans beaucoup de cas ; mais M. Duvergier, en attelant directement sur l'axe vertical une machine à grande vitesse, disposée très-ingénieusement sur le même bâti, a su donner à cet appareil un caractère spécial. C'est un ventilateur qui, dans les conditions de dimensions et de construction représentées planche LIII, est tout à fait portatif, n'a pas besoin d'abri, et peut être transporté rapidement d'un point sur un autre.

Dans ces conditions, un ventilateur peut rendre

d'excellents services. Les dépressions obtenues ont été :

| | |
|---|---|
| Pour 280 tours par minute..... | 0m,016 |
| Pour 360 tours par minute..... | 0m,026 |

dépressions qui, pour l'exploitation des grandes couches de Saône-et-Loire et de la Loire, où les galeries sont à grande section, déterminent un aérage convenable.

### VENTILATEUR FABRY.

Le ventilateur Fabry est, sans contredit, le plus répandu de tous. C'est une pompe rotative, composée de deux roues d'engrenage à trois dents chacune; ces dents forment des cloisons mobiles dans un coursier, leurs extrémités, en forme de croix, portant les arcs d'épicycloïdes nécessaires pour engrener et intercepter toute communication entre l'air de la mine et l'air extérieur. La planche LIV représente la coupe du ventilateur adopté par M. de Bracquemont pour la fosse n° 2 de Nœux.

Le mouvement de rotation imprimé du dedans au dehors aspire et rejette au dehors l'air de la mine. On peut, par un mouvement inverse, refouler dans la mine l'air extérieur, mais l'aérage par aspiration est généralement préféré.

La disposition de la machine motrice, récemment adoptée par M. Colson, ingénieur aux ateliers de Haine-

Saint-Pierre, permet de donner aux deux roues un mouvement uniforme et simultané. Cette machine se compose d'un cylindre à vapeur vertical, avec deux bielles latérales, directement attelées aux manivelles qui commandent les deux roues.

Les ventilateurs Fabry, construits dans les ateliers de Haine-Saint-Pierre, ont généralement $1^m,70$ de diamètre extérieur pour les roues et 2 mètres de largeur. La largeur est portée à 3 mètres pour les grands aérages. Pour la largeur de 2 mètres, on applique des machines de la force nominale de 12 chevaux, ayant $0^m,30$ de diamètre au cylindre, et $0^m,60$ de course; cette force doit être augmentée de 50 pour 100 pour les ventilateurs de 3 mètres.

Ces ventilateurs ont été l'objet d'expériences très-nombreuses, ayant pour but de préciser les conditions du courant d'air obtenu, et l'effet utile des machines à vapeur qui les mettent en mouvement; les expériences, suivies par M. Jochams aux charbonnages du Gouffre et de Bonne-Espérance, ont démontré qu'avec des vitesses de trente à quarante tours par minute, on pouvait obtenir facilement un débit de 9 à 12 mètres cubes par seconde, et une dépression manométrique de 4 à 5 centimètres.

L'effet utile a été trouvé presque toujours supérieur à 50 pour 100.

Quant aux conditions de bonne marche et de facilité des réparations, elles sont démontrées par l'expérience journalière de plus de cinquante ventilateurs, qui sont

d'excellents services. Les dépressions obtenues

Pour 280 tours par minute..... 0m,0
Pour 360 tours par minute..... 0m,0

dépressions qui, pour l'exploitation des c
ches de Saône-et-Loire et de la Loire, où
sont à grande section, déterminent un
venable.

### VENTILATEUR FABRY.

Le ventilateur Fabry est, sans cont
pandu de tous. C'est une pompe rot
deux roues d'engrenage à trois d
dents forment des cloisons mobil
leurs extrémités, en forme de cr
d'épicycloïdes nécessaires pour e
ter toute communication entre l'
extérieur. La planche LIV repré
tilateur adopté par M. de Brac
n° 2 de Nœux.

Le mouvement de rotation
dehors aspire et rejette au de
peut, par un mouvement inv
l'air extérieur, mais l'aérage
lement préféré.

La disposition de la ma
adoptée par M. Colson, ingé

…its
…dans
…velop-

…ateur con-

…Saint-Henri de
…eurs réunies des
…nt une longueur de
5,120$^{m^3}$, ce qui don-
…1$^{m^2}$,96; mais, défalca-
…des bouveaux, la section
…25, conditions qui nécessi-
…pression pour l'aérage.
…mposait d'un tambour hexa-
…eur, dont les côtés avaient 1$^{m}$,305
…rité des bielles était de 0$^{m}$,475, et
…e engendré par une révolution était

…es faites par M. Jochams constatèrent,
…e adductrice de l'air appelé, dont la sec-
2$^{m^2}$,90, une vitesse moyenne de 2$^{m}$,41, d'où
…e le volume de l'air aspiré était de 6$^{m^3}$,989.
… était débité, l'appareil faisant seize tours
…te, et déterminant une dépression de 5 centi-
…eau, l'effet utile produit étant ainsi de 4,66 che-
…apeur.

Dans une autre expérience, où l'appareil eut à vaincre les plus grandes résistances, la dépression s'éleva à 75 millimètres, et l'effet utile à 6,14 chevaux-vapeur.

Le volume théorique ayant été, dans ces deux expériences (seize tours par minute), de $9^{m3},733$, les pertes ou rentrées d'air ont été de $2^{m3},444$ à $3^{m3},324$ pour les dépressions de $0^{m},050$ et $0^{m},075$.

Le cylindre à vapeur avait $0^{m},31$ de diamètre et $0^{m},93$ de course, et la force appliquée au ventilateur est estimée, par M. Jochams, à 9,82 chevaux-vapeur. C'est un effet utile de $\frac{6,41}{9,82}$, soit environ 2/3 du travail moteur.

Le prix d'établissement de ce ventilateur est évalué comme suit :

| | |
|---|---|
| Prix du ventilateur et de la machine (sans chaudières).. | 7,700 francs. |
| Maçonneries..... | 7,400 |
| | 15,100 francs. |

Postérieurement à ces constructions, M. Lemielle, cherchant à simplifier ses appareils, paraît s'être arrêté au ventilateur à trois ailes, avec arbre vertical. Cette disposition a été récemment décrite par M. J. Levy; elle est représentée planche LV.

Le ventilateur est monté dans une cuve cylindrique en maçonnerie, de $4^{m},15$ de diamètre sur $2^{m},50$ de hauteur, communiquant aux orifices d'adduction et d'émission de l'air par deux galeries de $1^{m},40$ de largeur, pour la hauteur de l'appareil, soit $2^{m},50$.

L'arbre vertical est maintenu entre deux plaques de

fondation; il reçoit sur ses collets les deux volants ou croisillons horizontaux, sur lesquels est monté le tambour tournant, dont les trois volets sont mis en mouvement chacun par deux bielles.

Le tambour hexagonal, monté sur les deux croisillons, est formé de douves en chêne, de 0m,04 d'épaisseur; il est tangent au sol de la cave et au plafond hermétiquement fermé.

Le ventilateur Lemielle, dans toutes les expériences qui ont été faites, a soutenu la comparaison avec le ventilateur Fabry; il peut même déterminer une dépression plus considérable. On en a déjà construit un assez grand nombre en Belgique et en France, et il se serait répandu beaucoup plus, si les difficultés de la construction et de l'entretien n'eussent empêché beaucoup d'exploitants de l'adopter. Ces difficultés seront certainement surmontées; on est bien arrivé à maintenir en fonction régulière et continue les aubes normales des roues motrices dans les bateaux à vapeur, on y arrivera de même pour les volets mobiles du ventilateur Lemielle.

### VIS GUIBAL.

Plusieurs systèmes de *vis* ont été appliqués à l'aérage; les unes consistant en simples hélices mises en mouvement rapide dans un coursier ajusté; les autres, hydropneumatiques, c'est-à-dire mises en mouvement lent

dans l'eau qui fait le joint. Ce dernier système, expérimenté par M. Guibal, est celui qui paraît avoir été le plus près du succès.

La vis hydro-pneumatique de M. Guibal a été établie, il y a deux ans, aux mines de l'Escouffiaux, près Mons. C'est une vis à grand diamètre, en partie plongée dans l'eau et aspirant par son mouvement l'air du puits d'appel.

Les données principales établies pour la construction de la vis ont été :

| | |
|---|---|
| Diamètre à l'extrémité des spires..... | 5m,06 |
| Diamètre du noyau..... | 1m,80 |
| Longueur du pas (épaisseur des spires déduite).... | 3m,80 |

L'eau s'élevait jusqu'à 0m,70 de l'axe de la vis, c'est-à-dire que le noyau était immergé de 0m,20.

Dans ces conditions, chaque tour de la vis par minute déplaçait par seconde $\frac{42,173}{60} = 0^{m3},703$.

Les essais de la première vis construite par M. Guibal ont donné lieu à quelques tâtonnements. Les résultats ont été cependant de nature à prouver que ce système pouvait déterminer un très-bon aérage.

Pendant une série d'expériences, ces résultats ont été :

| | |
|---|---|
| Nombre moyen de tours..... | 16,074 |
| Depression..... | 0m,039 |
| Volume d'air déplacé, mesuré à l'anémomètre. | 11m3,213 |
| Volume d'air théorique, 16,074 0,703..... | 11m3,300 |
| Rapport des deux volumes..... | 0,992 |

La vis hydro-pneumatique peut fonctionner avec les dépressions les plus faibles et les plus fortes; ces dé-

pressions ont été conduites jusqu'à 20 centimètres. Or, disait avec raison M. Guibal, on répète sans cesse qu'il faut augmenter la section des puits et des galeries, ce qui reviendrait à dire à un phthisique : Ayez de bons poumons ; les mines sont ce qu'elles sont, et un appareil ventilateur doit être prêt à fonctionner pour toutes les conditions qui peuvent se présenter.

Les frais de construction ont été évalués ainsi qu'il suit :

| | |
|---|---|
| Machine motrice sans chaudières.... | 4,500 francs. |
| Vis..... | 3,000 |
| Maçonneries..... | 4,500 |
| Total..... | 12,000 francs. |

La vis hydro-pneumatique est d'une simplicité qui en rend la marche assurée et l'entretien facile; la manivelle de la machine motrice est directement attelée à l'axe, et les grandes dimensions qu'on peut donner à la vis en rendent le mouvement aussi lent qu'on le voudra, avec possibilité de l'accélérer lorsque l'aérage l'exige.

Les résultats obtenus par cette première expérience n'ont cependant pas été satisfaisants au point de vue de la construction. La vis, construite en tôle et bois, a été promptement désorganisée. Cet insuccès n'altère en rien les conclusions acquises par la courte marche de l'appareil. On construira une autre fois d'une manière plus solide, et les vis hydro-pneumatiques arriveront certainement à être classées parmi les appareils pratiques.

dans l'eau qui fait le joint. Ce dernie
menté par M. Guibal, est celui qui
plus près du succès.

La vis hydro-pneumatique de
il y a deux ans, aux mines de
C'est une vis à grand diamètre
l'eau et aspirant par son
d'appel.

Les données principal
de la vis ont été :

Diamètre à l'extrémité des
Diamètre du noyau
Longueur du pas

L'eau s'élevait j
à-dire que le noy
Dans ces con
nute déplaçait

Les essais
bal ont d
sultats o
système
Pend

un nou-
de construc-
d'un appareil

*tons* furent com-
x, pneumatiques,
manière à aspirer
ur. Ces machines,
cile, ne donnèrent
tat qui fut d'abord
ns. On construisit
s de deux cloches
dans des cuves an-
nnant à la manière
sultats furent les mêmes
et ces appareils coû-

struction résultait uni-
ets. Ces clapets mul-
le fond de chaque
mais malgré cet équi-
par une dépression
L'aérage des mines
ssions, il en résultait

une perte considérable de l'effort développé par la machine motrice.

Un nouveau système de construction dû à M. Mahaux et successivement appliqué par M. Goret aux charbonnages de Pont-de-Loup sud et du Boubier, près Charleroi, a complétement modifié le jugement porté sur les machines pneumatiques à pistons.

Le nouvel appareil de Pont-de-Loup se compose d'un cylindre à vapeur horizontal, de 3 mètres de course, donnant directement le mouvement à deux pistons qui se meuvent horizontalement dans deux caisses à section rectangulaire. Les clapets, au lieu d'être horizontaux, comme dans les cylindres verticaux, sont eux-mêmes verticaux et à charnières; ils sont, par conséquent, très-sensibles sans avoir besoin d'être équilibrés.

Les pistons sont supportés par des sabots, qui glissent sur des coulisses en fonte, de manière à réduire autant que possible leur frottement. Le joint avec les parois de la caisse est obtenu au moyen de morceaux de câbles plats légèrement poussés par des ressorts; on a soin, lorsque ces câbles ont été mis en place, de les enduire d'une couche épaisse de graisse.

Voici les principaux éléments de la construction des appareils de Pont-de-Loup et du Boubier :

| | | |
|---|---|---|
| Deux caisses à piston.... | Largeur..... | $4^{m},50$ |
| | Hauteur ..... | $3^{m},75$ |
| | Surface du piston..... | $16^{mq},50$ |
| | Profondeur..... | $3^{m}$ |
| | Volume d'une caisse..... | $50^{mc},110$ |

| | | |
|---|---|---|
| Quatre clapets par piston. | Largeur | $1^{m},51$ |
| | Hauteur | $1^{m},55$ |
| | Surface d'un clapet | $1^{m^2},78$ |
| Cylindre moteur | Diamètre | $0^{m},40$ |
| | Course | $3^{m}$ |

Plusieurs expériences ont été suivies par M. Jochams. Pour n'en citer qu'une seule, les pistons ont fonctionné à raison de dix-sept coups simples par minute, l'amplitude de la course a été de $2^{m},86$ et, par suite, le volume théorique engendré s'est élevé à $13^{m^3},670$ par seconde.

Il a été constaté que, pendant cette marche, le courant parcourait la galerie dans laquelle l'expérience se faisait avec une vitesse de $4^{m},89$ par seconde; la section de cette galerie étant de $2^{m^2},610$, la machine aspirait $12^{m^3},763$, c'est-à-dire 93/100 du volume d'air théorique engendré par les pistons.

La dépression était en moyenne de $0^{m},075$ d'eau distillée; d'où il suit que le travail obtenu peut être évalué à 12,36 chevaux-vapeur.

Le manomètre placé sur le tuyau d'adduction de la vapeur dans le cylindre-moteur a indiqué pendant le temps de l'expérience une pression moyenne de $2^{kil},066$ par centimètre carré. Il en résulte que le travail théorique de la vapeur a été de 28 chevaux-vapeur, et de 19,63 en supposant un coefficient de 0,70 que la simplicité de l'appareil autorise à admettre.

Cette machine pneumatique aurait donc pu réaliser 65 pour 100 de la force transmise à ses pistons, chiffre exceptionnel pour les appareils d'aérage, et double de

celui qui avait été obtenu pour les machines à cylindres verticaux.

Les expériences de M. Jochams ont démontré que la machine pneumatique, construite ainsi qu'il vient d'être dit, peut être appliquée à l'aérage des mines, surtout dans le cas où l'on a besoin de produire une grande dépression. Au charbonnage du Boubier, la machine à caisses horizontales a été substituée à un ventilateur Fabry dont la dépression était devenue insuffisante, vu le développement considérable des galeries. Dans plusieurs cas, la dépression a dû, en effet, être poussée au delà de $0^m,10$.

La simplicité de l'appareil et le jeu facile des clapets répondent aux craintes d'interruption et de chômages qui ont fait renoncer aux premières machines pneumatiques à pistons.

Quant au prix de revient, M. Mahaux estime qu'un appareil complet (sauf la chaudière), et dans les dimensions précédemment indiquées, coûte 10,000 francs, y compris les maçonneries nécessaires. Sur ce prix, la machine motrice représente environ 4,500 francs, non compris les chaudières, la vapeur étant empruntée, comme pour la plupart des ventilateurs, aux chaudières de la machine d'extraction.

Lorsqu'on fait des expériences sur une machine d'aérage, on a soin de constater la quantité de combustible brûlé comparativement à l'effet produit. C'est le moyen ordinairement employé pour comparer entre

eux les divers ventilateurs, quoique cependant la question soit de peu d'importance lorsqu'il s'agit de l'aérage des houillères. Ce qui est plus important, c'est d'abord la quantité d'air que peut débiter le ventilateur; en second lieu, la dépression que l'on peut obtenir; c'est enfin la régularité de la marche.

Le meilleur ventilateur serait, par conséquent, celui qui pourrait fournir les plus grands volumes d'air; déterminer, au besoin, les dépressions les plus élevées, et qui présenterait en même temps les plus grandes garanties sous le rapport de la bonne marche et de la simplicité de l'entretien. La quantité de combustible consommée pour assurer cette marche sûre et sans chômages, et même les frais de premier établissement, ne sont que des considérations accessoires.

Malheureusement ces conditions sont en partie contradictoires. Un grand débit d'air ne s'obtient que par des dimensions considérables ou par des vitesses qui sont des éléments d'usure et de réparations; les dépressions élevées ne peuvent être déterminées que par des ajustements pneumatiques précis qui ont les mêmes inconvénients. C'est pour cela que les ventilateurs présentent encore une grande prise aux perfectionnements et que, parmi les appareils déjà connus, on doit choisir suivant les conditions spéciales de la houillère qu'il

# CHAPITRE IV.

## ÉPUISEMENT.

CAISSES A EAU; TUYAUX, POMPES ET TIGES;
CLAPETS ET PISTONS.
MACHINES D'ÉPUISEMENT A BALANCIER; A TRACTION DIRECTE.
MACHINES A DOUBLE EFFET DANS L'INTÉRIEUR DES MINES.

L'obstacle qu'opposent à l'exploitation les eaux d'infiltration et les sources souterraines que rencontrent les travaux est un des plus inflexibles et qui exige la solution la plus absolue. On peut avoir un roulage et une extraction mal organisés, lutter avec un aérage imparfait; mais avec l'eau il n'y a pas de demi-mesure, elle doit être épuisée. Que les moyens employés soient plus ou moins parfaits, plus ou moins économiques, peu importe, il faut avant tout que l'*exhaure* soit complet.

Autrefois, lorsqu'on se servait de bennes pour extraire le charbon, on employait aussi des *bennes à soupapes* pour épuiser les eaux qui, pendant la journée, s'étaient accumulées dans le puisard. Lorsqu'on a établi le guidonnage dans les puits, on a dû remplacer les anciennes bennes par des caisses guidées.

L'épuisement des eaux par les machines d'extraction est devenu un moyen d'autant plus logique, que la vitesse

des caisses guidées pouvant être très-considérable, on a ainsi reculé le moment où il devenait nécessaire d'établir des appareils spéciaux pour l'épuisement.

Ainsi, que l'on substitue aux cages d'extraction des caisses à eau de 20 hectolitres, planche IX, et l'on pourra, d'une profondeur de 300 à 400 mètres, extraire quinze ou vingt de ces caisses par heure, c'est-à-dire de 300 à 400 hectolitres d'eau. Supposons que l'on réserve dix heures pour épuiser ainsi les eaux qui s'accumulent pendant les vingt-quatre heures dans le puisard, ce sera un minimum de 3,000 à 4,000 hectolitres d'eau par jour.

La plupart des puits n'ont pas une venue d'eau qui atteigne ces chiffres; l'établissement d'une machine spéciale d'épuisement peut donc être reculé jusqu'à ce que l'extension progressive des travaux ait amené une venue d'eau supérieure.

La question essentielle dans l'établissement des caisses à eau est de les remplir vite et complétement, de les monter avec rapidité, sans que l'eau, agitée par le mouvement, soit exposée à retomber dans le puits; enfin de les vider au jour, en satisfaisant aux mêmes conditions de promptitude et de précision.

La construction indiquée planche IX pour la caisse de 20 hectolitres employée dans plusieurs fosses de la Compagnie d'Anzin satisfait à ces diverses conditions.

Les proportions de la soupape du fond pour la remplir et du tiroir latéral qui sert à la vider résultent

de données pratiques. Dans ces conditions, la caisse présente les poids suivants :

| | |
|---|---|
| Tôles..... | 267 kilogrammes. |
| Fer..... | 297 |
| Fonte..... | 69 |
| Bois..... | 80 |
| Poids total..... | 713 kilogrammes. |

La substitution des caisses à eau aux cages est une opération toujours assez longue. De plus, les caisses à eau ont l'inconvénient de venir modifier d'une manière quelquefois préjudiciable à la marche de la machine les conditions d'équilibre calculées pour les cages et les waggons. On évite ces inconvénients en laissant les cages en place et se bornant à y introduire des caisses à eau montées sur quatre roulettes.

Ainsi, dans la cage à quatre étages d'Anzin, planche I, on rend mobiles les traverses du deuxième étage de waggons et l'on peut dès lors introduire une caisse rectangulaire, montée sur roulettes. Cette caisse, de $1^{m},80$ de hauteur, a une base de $1^{m},18$ sur $0^{m},75$; elle pèse 825 kilogrammes et contient 15 hectolitres d'eau.

On emploie le même procédé à la fosse n° 4 du Nord de Charleroi, et dans la cage, planche II, on introduit une caisse horizontale, remplissant seulement le premier étage. Cette caisse contient 1,700 litres d'eau et pèse 496 kilogrammes.

Le clichage des caisses à eau ou des cages chargées de ces caisses s'exécute, comme d'habitude, avec les

mêmes manœuvres et la même promptitude, mais le vidage exige toujours quelques précautions.

Lorsque ce vidage doit se faire par un tiroir latéral, l'eau peut être reçue dans un conduit qui se trouve placé tangentiellement à ce tiroir ; mais le jeu qui reste forcément entre les deux pièces donne toujours lieu à une perte d'eau, qui retombe dans le puits. M. Jouniaux évalue cette perte à 5 ou 6 pour 100 de l'eau montée. Pour l'éviter, il a établi, en dessous du clichage, un tablier mobile qui reçoit l'eau et la rassemble dans le conduit. M. de Bracquemont a établi sur toutes ses fosses un chariot mobile, qui, à chaque extraction, vient se placer au-dessous du tiroir d'évacuation. Ce chariot est indiqué sur les plans de la fosse n° 2 de Nœux.

A la fosse Turenne, à Denain, les caisses à roulettes qui sont placées dans les cages pour l'épuisement portent un tuyau en cuir de toute la hauteur de la caisse, ajusté au fond, relevé le long d'une des parois, et retenu au moyen d'un verrou : lorsqu'on veut vider la caisse, on ouvre le verrou et le tuyau en cuir, tombant horizontalement, la verse à l'extérieur. On le relève ensuite et on le fixe au verrou supérieur, pour le remplissage et l'ascension de la caisse.

Tant que l'épuisement par les caisses suffit pour assécher une mine, ce moyen doit être considéré comme le plus économique, d'abord sous le point de vue des frais de premier établissement, mais aussi sous le point de vue de la marche et de l'entretien. On n'a, en effet, à entretenir que le seul appareil d'extraction, qui se

trouve transformé d'une manière si simple en machine d'épuisement; on n'a que les mêmes chaudières à chauffer. Mais lorsque les caisses à eau deviennent insuffisantes pour lutter avec les venues d'eau, il faut nécessairement avoir recours aux machines spéciales.

Les machines d'épuisement se rapportent aujourd'hui à trois types distincts :

1° Les machines à balancier, à simple effet, dites du système de Cornwall;

2° Les machines à traction directe et du même système;

3° Les machines à double effet placées dans l'intérieur des mines.

Ces trois systèmes comprennent en même temps le moteur ou machine proprement dite, et les appareils d'épuisement, pompes, colonnes de tuyaux, tiges et engins nécessaires au mouvement.

Que la machine soit à balancier, planche LXX, ou qu'elle soit à traction directe, planche LXVII, elle a pour but de mettre en mouvement les tiges d'une série de pompes établies dans le puits d'exhaure, avec une disposition analogue à celle qui est indiquée planche LXIV.

Ces appareils, identiques à ceux qui sont en usage dans les mines de l'Angleterre, sont établis sur le type dit du Cornwall, district où les épuisements sont organisés d'une manière tellement rationnelle que, pour tous les détails de la construction et du montage, la tâche de l'ingénieur se borne à imiter ce qui a été fait si heu-

reusement. Les divers appareils ne diffèrent guère que par leurs dimensions, par les détails mécaniques et par les conditions de l'installation des pompes.

Les perfectionnements récents des appareils d'épuisement ont porté principalement sur les pompes et colonnes de grand diamètre. L'établissement des colonnes d'épuisement a été amélioré d'une manière notable dans les détails de construction et par la précision du montage, de telle sorte que, s'il est vrai que les machines d'exhaure constituent une dépense considérable de premier établissement, cette dépense une fois faite ne représente qu'une charge très-réduite par tonne de houille extraite.

### COLONNES D'ÉPUISEMENT.

La première opération du projet d'une machine d'exhaure est le tracé des pompes et des tiges destinées à leur donner le mouvement, ensemble ce qui constitue ce que l'on appelle la *colonne d'épuisement.*

Les dimensions des pompes sont la conséquence immédiate de la venue d'eau qu'il s'agit d'épuiser. En général, on calculera ces dimensions, en supposant que la machine fonctionnera douze à dix-huit heures par jour, et que la vitesse ascensionnelle imprimée à l'eau sera de $0^m,25$ par seconde.

Une colonne d'épuisement se compose, pour les puits

profonds, d'une pompe élévatoire placée dans le puisard, à 2 ou 3 mètres du fond, et d'une série de pompes foulantes placées en relais successifs, ayant chacun de 80 à 120 mètres de hauteur.

La pompe élévatoire est celle qui convient le mieux comme pompe de fond, parce qu'elle peut marcher et être réparée, lors même qu'elle est noyée.

Les pompes foulantes ont l'avantage d'équilibrer les tiges qui servent aux transmissions de mouvement, par la colonne d'eau qu'elles doivent soulever; elles sont employées jusqu'à concurrence de cet équilibre, et si le poids de la colonne d'eau ne suffit pas pour équilibrer celui des tiges, ce qui est le cas ordinaire pour les puits profonds, on complète l'équilibre par un ou plusieurs contre-balanciers.

Ces conditions obligées du montage d'une colonne d'épuisement nécessitent l'emploi de machines à simple effet, le moteur ayant simplement à soulever la masse des tiges et de la colonne d'eau des pompes élévatoires. Cette masse des tiges, retombant ensuite par son propre poids, refoule les colonnes d'eau des pompes foulantes.

Le poids moyen des tiges des pompes foulantes, pour être dans de bonnes conditions de construction, doit dépasser un peu le poids de la colonne d'eau à manœuvrer; de plus, ces tiges doivent être elles-mêmes coniques, c'est-à-dire que devant se porter elles-mêmes, leur section décroît progressivement depuis la partie supérieure attachée au moteur jusqu'à la partie inférieure,

à laquelle se trouve attachée la pompe élévatoire du fond.

Il résulte de ces surcharges de poids, que plus un puits est profond, plus s'augmente l'excédant du poids de la colonne d'eau; de là, la nécessité d'équilibrer une partie de cet attirail.

La planche LXIV résume ces indications pour un cas particulier.

La colonne, divisée en trois parties, que l'on supposera placées bout à bout, a seulement une hauteur de 112 mètres. Le profil est dessiné à côté de l'élévation, de sorte qu'on puisse voir en même temps chaque pièce dans ces deux positions. Les pompes ont $0^{m},45$ de diamètre et 3 mètres de course.

La colonne est divisée en trois relais desservis chacun par une pompe. La première pompe est élévatoire, prend les eaux du puisard et les élève à la hauteur de 12 mètres. L'eau est aspirée par la première pompe foulante à ce niveau de 12 mètres, et refoulée jusqu'à celui de 62 mètres, où elle est reprise par la deuxième pompe foulante qui la porte jusqu'au déversoir du jour. Sans rien changer au système de construction, on pourrait porter la hauteur d'action de la pompe élévatoire à 40 mètres, et celle des pompes foulantes à 120 mètres, ensemble 280 mètres.

Autrefois, l'eau était reçue à chaque niveau dans des bâches où elle était aspirée par la pompe supérieure. On emploie aujourd'hui des réservoirs en tôle, à section rectangulaire, qui sont disposés en hauteur, de manière

à continuer le tuyau, et de telle sorte que l'aspiration de la pompe supérieure se trouve toujours approvisionnée d'une quantité un peu plus grande que la capacité du corps de pompe. Ces réservoirs sont indiqués en OO' à chaque relais de la colonne.

On trouvera dans les traités spéciaux, et notamment dans la *Géologie appliquée*, les conditions d'équilibre suivant lesquelles doit être établi le mouvement d'une colonne d'exhaure; nous ajouterons seulement quelques détails sur les parties les plus essentielles qui la constituent.

La partie la plus importante, sous le rapport du poids et du volume, est la colonne de tuyaux qui, du puisard, doit conduire jusqu'au jour les eaux aspirées et refoulées par les pompes. Ces tuyaux sont en fonte et ont en moyenne 3 mètres de hauteur, quel que soit d'ailleurs leur diamètre; ils sont éprouvés à la presse hydraulique; leurs collets sont tournés, de telle sorte qu'on puisse les monter et les assembler bien verticalement. Les joints se font par l'interposition entre les collets de rondelles compressibles, en plomb, en cuivre, en feutre, en gutta-percha, ces rondelles étant comprimées à la fois par le poids et par le boulonnage. Les collets sont le plus souvent tous les deux en saillie, de sorte que le joint soit bien apparent et puisse au besoin être maté et réparé; quelquefois on en fait un saillant et un rentrant, de manière à emprisonner la rondelle compressible. On peut dire que tous ces moyens sont également bons lorsqu'une colonne est composée de tuyaux tournés

avec précision, bien verticalement montés, assemblés sur rondelles, d'épaisseur uniforme et boulonnés avec un serrage égal; de même que tous les assemblages seraient défectueux pour des conditions inverses.

La même observation peut être faite pour les pompes dont on a souvent fait varier la construction sans utilité démontrée. Leur construction tend cependant à s'uniformiser, à tel point que nous aurions peine à en citer qui aient un caractère de nouveauté, en dehors de quelques cas spéciaux par leurs grands diamètres. Les formes classiques de la pompe élévatoire à piston creux, et de la pompe foulante à plongeur, formes reproduites dans un grand nombre d'ouvrages ou de mémoires, sont les seules qu'on puisse recommander pour l'usage des mines.

Les pompes étant supposées mises en place sur les ponts de fondation construits en travers du puits, on établit du haut en bas le système de tiges qui doit leur donner le mouvement.

Dans les conditions les plus ordinaires, une maîtresse tige est placée dans l'axe convenable pour l'attache des transmissions latérales. Elle se compose de pièces de bois ou chevirons d'un équarrissage suffisant pour manœuvrer la colonne d'eau. Ces pièces de bois, assemblées bout à bout, ou à traits de Jupiter, sont platinées avec des bandes de fer partout où il est nécessaire, et surtout aux joints. Ces bandes de fer boulonnées doivent être croisées et réunies entre elles à leurs extrémités de telle sorte qu'en aucun point le bois ne se trouve réduit

à sa seule force de résistance, et de manière à présenter une force continue, capable de résister à tous les efforts qui s'exerceront sur les divers points de la maîtresse tige.

Les chevirons assemblés pour former cette maîtresse tige sont en chêne ou en sapin, de 0$^{m}$,25 à 0$^{m}$,35 d'équarrissage. Lorsqu'on a besoin d'équarrissages plus forts, on les compose de deux pièces juxtaposées et platinées dans toute leur longueur, de manière à les rendre parfaitement solidaires.

La maîtresse tige est armée sur plusieurs points de sabots de retenue ou heurtoirs, H, H, qui peuvent, au besoin, la tenir suspendue sur les moises qui l'embrassent, de distance en distance, et qui limitent ses oscillations verticales, soit en montant, soit en descendant. Sur plusieurs points elle est garnie de planches qui établissent une juxtaposition précise contre les moises qui l'embrassent et la guident; elle se trouve ainsi maintenue et guidée de manière à ne se mouvoir que dans le sens et suivant l'amplitude de la course des pompes, ainsi que l'indique la planche LXIV.

Pour transmettre le mouvement aux pompes, on dédouble la maîtresse tige et on la remplace par deux tiges qui passent de chaque côté de la pompe et sont réunies au-dessous, de manière à remettre la maîtresse tige dans l'axe. Cette disposition, indiquée planche LXIV, permet de placer les pistons moteurs de la colonne dans l'axe même de la maîtresse tige, et de leur donner ainsi un mouvement direct, en évitant tous les in-

convénients des attelages latéraux et en porte-à-faux.

Cette planche met en évidence la quantité de bois nécessaire pour le montage d'une colonne d'épuisement: moises pour soutenir les pompes et les tuyaux, sommiers de fondation pour les pompes foulantes, tiges avec tous leurs accessoires. Dans les petites dimensions représentées, c'est-à-dire lorsque les pistons n'ont pas plus de $0^m,35$ à $0^m,45$ de diamètre, ces pièces de bois ne dépassent plus les dimensions sous lesquelles on peut trouver des bois équarris; mais pour les colonnes de $0^m,60$ et au delà, il faut doubler et quadrupler les bois, qui finissent par occuper une proportion considérable de la section du puits.

Le fonçage des avaleresses, c'est-à-dire des puits qui doivent traverser des terrains renfermant des *niveaux* d'eau (ou nappes ascendantes), et ensuite être *cuvelés*, a été l'occasion des plus grands perfectionnements apportés à l'épuisement. Il s'agit en effet d'épuiser dans ces passages de niveau des venues d'eau de 15, 20, 40 mètres cubes et au delà, par minute, sans interruption aucune, sous peine de voir les ouvriers du fonçage chassés de leur travail et le puits rapidement envahi par l'ascension rapide de ces nappes ou niveaux qui remontent jusque près de l'orifice.

### POMPES ÉLÉVATOIRES.

L'épuisement des avaleresses se fait uniquement avec les pompes élévatoires, qui seules peuvent être suspen-

dues dans le puits, et progressivement descendues à mesure que ce puits s'approfondit.

Les pompes que l'on emploie pour ces épuisements sont de grands diamètres, $0^m,50$, $0^m,70$ et $0^m,80$; elles obstruent la section du puits à tel point, que l'on a été souvent obligé, pour tenir tête à ces énormes venues d'eau, de creuser deux fosses l'une à côté de l'autre, uniquement pour pouvoir placer les moyens d'épuisement. C'est ainsi que la Compagnie d'Anzin dut opérer pour son avaleresse de Saint-Saulve. Dans un premier puits, on plaça quatre pompes de $0^m,70$ de diamètre et de 3 mètres de course fournissant 34 mètres cubes par minute; dans un second puits, situé à une vingtaine de mètres de distance, deux pompes, de $0^m,70$, avec course de 2 mètres, fournissaient 14 mètres cubes par minute.

On enlevait ainsi simultanément par ces deux puits 48 mètres cubes par minute, soit 2,880 par heure, et 69,120 par jour.

La planche LVII représente les pompes élévatoires de $0^m,70$ de diamètre et de 3 mètres de course employées à cette avaleresse de Saint-Saulve, et postérieurement à celle de Vendin-lez-Béthune, dans le Pas-de-Calais, dont le creusement rencontra des difficultés analogues.

Le corps de pompe est suspendu par un collier *a b*, figures 1 et 2, soutenu par des tirants en fer et bois qui se terminent par deux vis de $0^m,10$ de diamètre, filetées sur 4 mètres de longueur. Les écrous de ces deux vis *c d*, appuyés sur une pièce transversale placée à l'orifice du puits, servent à descendre ou remonter le

corps de pompe. Ce corps est un tuyau en fonte composé de trois parties boulonnées; les tuyaux élévatoires de la colonne, ainsi que les tuyaux d'aspiration, sont en tôle.

La figure 3 donne le détail des tiges en bois, platinées en fer, avec emmanchements à tenons et mortaises. Cet emmanchement, *m m*, sert à relier les tiges, à mesure qu'on les place pour descendre la pompe.

Un emmanchement analogue est placé au-dessus du piston, figure 1, de telle sorte qu'on puisse rapidement démonter ce piston lorsqu'il a besoin de réparations, et le remplacer par un autre.

La disposition des soupapes placées sur le piston et sur le clapet est à remarquer, parce qu'elle indique les difficultés que rencontre la construction de ces pièces pour les grands diamètres. Voici sur quelles idées est basée cette construction: une longue pratique a démontré que les clapets les plus sûrs et les plus faciles à entretenir et réparer sont ceux dans lesquels le cuir joue le double rôle de charnière et de joint battant. Ces clapets en cuir sont d'un usage plus commode que les clapets métalliques, du moins dans les pompes élévatoires où ils sont exposés à des chocs violents. Mais lorsqu'ils ont de trop grandes dimensions, les cuirs sont promptement déchirés et arrachés; on évite cet inconvénient en divisant la surface du clapet et la couvrant d'une série de soupapes réduites aux dimensions les plus favorables à la conservation des cuirs. On remarquera également que les charnières, dans ce modèle, figures 4 et 5, sont

placées à la circonférence, de sorte que lorsque les soupapes livrent passage à la colonne d'eau aspirée à travers le clapet ou refoulée à travers le piston, cette colonne d'eau monte en suivant l'axe du système, et n'est pas brisée contre les parois des pompes et tuyaux, ce qui, dans beaucoup de cas, tend à créer des frottements et à ralentir l'ascension.

Ces détails de construction peuvent paraître minutieux, et pourtant la question du perfectionnement est là tout entière. Telle avaleresse réussira ou échouera, suivant l'outillage qui sera employé.

On a donc cherché à perfectionner encore, du moins pour certains cas spéciaux. Ainsi, on a reproché au clapet représenté planche LVII de permettre l'accumulation des sables derrière les charnières, à tel point que la marche peut se trouver quelquefois embarrassée et compromise. Il est facile de remédier à cet inconvénient en plaçant un robinet purgeur au niveau de ces charnières et l'ouvrant de temps en temps, de manière à chasser les sables. Cependant on a employé pour le fonçage des avaleresses, dans la Ruhr, un matériel qui diffère du précédent et à l'aide duquel on a surmonté les obstacles les plus complexes.

Ce matériel, pistons et clapets, est spécifié par les planches LIX et LX, qui donnent tous les détails de construction pour les pompes élévatoires de $0^{m},80$ de diamètre, employées par M. Detillieux dans l'avaleresse de Gelsenkirche.

Les eaux étaient à la fois très-abondantes et sablon-

neuses; elles ont dû être dominées par les pompes, jusqu'à la profondeur de 105 mètres, à laquelle il fut possible de les arrêter par deux picotages placés, le premier, dans des marnes crétacées, et le second dans le terrain houiller lui-même.

Le corps de pompe de $0^m,80$ de diamètre et de 3 mètres de course était suspendu de même par un collier, figure 5, à deux tiges latérales. Le piston et le clapet employés pour les eaux chargées de sables étaient du système dit Letestu, c'est-à-dire composés d'une sorte d'entonnoir percé de trous, sur lequel reposait un cuir conique fixé par une tige centrale, de manière à faire fonction de soupape.

Le piston, figures 1, 2, 3 et 4, diffère d'une manière notable du piston Letestu employé pour les pompes ordinaires. Il porte deux cuirs, l'un conique et destiné à jouer le rôle de soupape; l'autre formant une couronne fixée à la circonférence par dix-huit petits boulons, et destinée à faire le joint avec le corps de pompe.

Cette couronne s'use très-rapidement lorsque les eaux sont chargées de sable, et souvent un cuir est détruit en moins d'une journée; si cette partie n'avait formé qu'une seule pièce avec le cuir conique, il en serait résulté à chaque changement une perte d'environ 60 francs.

Le piston est fixé à la tige par un ajustement à traits de Jupiter maintenu par une bague conique; il peut être démonté et remplacé très-rapidement.

Construit dans ces conditions, le piston a été d'un excellent usage, et M. Detillieux lui attribue en grande partie le succès de son avaleresse creusée dans les conditions les plus difficiles.

Le clapet représenté planche LIX, figures 1, 2 et 3, est construit dans le même système; il est contenu dans une chapelle percée d'une porte qui permet d'aller le visiter, mais il s'enlève par le haut au moyen d'une anse facile à saisir.

Ces pistons et clapets, quel que fût le soin avec lequel on avait étudié les détails de leur construction, ne purent satisfaire à toutes les circonstances du fonçage. Ainsi, lorsqu'on faisait les picotages, les éclats et fragments de bois qui tombaient dans l'eau étaient aspirés par les pompes et allaient s'engager dans les ouvertures du clapet et du piston, de manière à en empêcher le fonctionnement. On fut obligé de remplacer le système Letestu par un système de clapets avec quatre soupapes à charnières, représenté planche LIX, figures 4, 5 et 6. Le piston fut également remplacé par un autre avec soupapes à charnières; mais dès que les picotages étaient terminés, on reprenait le système Letestu, qui exigeait des réparations beaucoup moins fréquentes.

Lorsqu'on fait le projet et le devis d'un matériel pour le fonçage d'une avaleresse, on ne saurait trop recommander d'établir ce matériel sur les bases les plus larges, et de telle sorte que l'appareil soit autant que possible double, afin que dans le cas d'accident sur

une partie on puisse continuer à fonctionner avec l'autre. En montant, par exemple, deux colonnes et deux machines distinctes, on dépensera sans doute beaucoup plus en frais d'installation, mais on regagnera cette première dépense par la sûreté et la continuité du service.

A Gelsenkirche, l'atelier de fonçage se composait de cinquante-cinq à soixante ouvriers, mineurs, mécaniciens, ajusteurs, manœuvres, etc... La dépense en personnel, charbon, fer, bois, cuirs, huiles et consommations de toute espèce était en moyenne de 20,000 francs par mois, soit 700 francs par jour.

Lorsqu'il fallait changer le clapet et le piston de pompe, le service était interrompu, l'eau montait, et il fallait ensuite le temps de la remettre à plat; il en résultait pour le travail du fond un chômage de vingt-quatre à vingt-huit heures, c'est-à-dire que ce changement coûtait plus de 700 francs. Un accident, tel que la rupture d'une tige de piston, exigeait de trois à quatre jours d'interruption; c'était une dépense de 3,000 francs au moins. En repassant les comptes du fonçage, on voit que la dépense principale n'était pas celle du travail utile, mais celle qui résultait de la réparation des accidents de toute nature et des chômages: de telle sorte que l'opinion de M. Detillieux était que, s'il avait consacré 100,000 francs de plus en frais de premier établissement, il aurait pu gagner beaucoup de temps et réaliser par conséquent une grande économie sur la dépense totale du fonçage, in-

dépendamment de tous les avantages qui seraient résultés d'une exécution plus prompte.

Lorsqu'on établit des épuisements définitifs, les pompes élévatoires se trouvent dans des conditions de stabilité qui permettent d'employer des pistons dont la première condition n'est plus ce changement rapide. Les pompes n'ont plus en général d'aussi grands diamètres; la planche LVIII représente un clapet et un piston creux employés à Saint-Etienne pour des diamètres courants de $0^m,35$ à $0^m,50$. Les soupapes sont seulement au nombre de deux; leurs charnières sont métalliques, exactement ajustées, avec heurtoirs qui en limitent la course. Les joints s'obtiennent toujours de préférence avec le cuir.

Le piston, figures 4, 5 et 6, porte deux soupapes de même construction. Le joint de frottement avec le corps de pompe s'obtient par une série de rondelles inclinées, superposées et serrées par une couronne boulonnée en dessous. Dans ces conditions de construction solide, les pistons et les clapets sont plus difficiles à réparer, mais ils durent au moins quinze jours et souvent plus d'un mois sans avoir besoin d'être changés.

Lorsque les pompes ont un très-grand diamètre, on doit avoir recours à tous les moyens qui peuvent augmenter la solidité et la durée des soupapes et des joints. On en trouvera un exemple dans l'étude de la pompe élévatoire de la mine du Bleiberg, planche LXII, dont les conditions d'épuisement ont exigé des pompes de 1 mètre de diamètre.

La pompe élévatoire de Bleiberg, planche LXII, construite pour une hauteur d'action de 22 mètres, a 1 mètre de diamètre. Le piston, ayant une base de $0^{m^2},7854$, doit par conséquent porter une charge de 17,000 kilogrammes.

Avec de pareilles dimensions, les épaisseurs de fonte, lors même qu'on les porte à $0^m,05$, deviennent insuffisantes pour les chapelles qui sont exposées à des chocs et des coups de bélier d'une grande violence. On a donc conservé partout la forme cylindrique, et l'on s'est borné à percer la chapelle d'un trou d'homme autoclave, qui permet d'entrer dans la pompe et de visiter le clapet.

Le corps de pompe est un tuyau en fonte alésé et doublé à l'intérieur d'un tube en bronze; il a $3^m,45$ de hauteur et permet au piston une course de $2^m,85$.

Le piston est percé de huit ouvertures triangulaires recouvertes de quatre doubles soupapes. Ces huit soupapes présentent à l'aspiration une surface évidée d'environ 3,000 centimètres carrés sur 7,854 $C^2$, surface totale du piston. Cette proportion, qui serait trop faible pour les petits diamètres, est suffisante pour celui de 1 mètre.

Le joint à la circonférence est obtenu par un cuir embouti, dont la base est serrée contre la partie conique du piston par une bague en fer forgé. La hauteur de frottement du cuir est de $0^m,06$, et, la circonférence étant de $3^m,1416$, la surface comprimée est de 1,884 $C^2$ sous la pression de la colonne d'eau supportée par le piston.

Le clapet est une application de la soupape d'Hornblower, dont la construction présente quelques particularités intéressantes.

Les joints entre la cloche mobile et le siége fixe sont obtenus par deux bagues en bronze ayant une largeur d'environ $0^m,05$. La zone mesurée par la projection du cercle de contact intérieur et du cercle de contact extérieur, $0^m,940 - 0^m,560$, présente une surface de 4,476 $C^2$. C'est la surface sur laquelle s'exerce le vide, lorsque le piston monte. La contre-pression atmosphérique en vertu de laquelle la cloche est soulevée s'exerce sur la zone annulaire intérieure aux contacts, $0^m,864 - 0^m,660$, dont la surface est 2,441 $C^2$.

La cloche mobile de la soupape pèse 230 kilogrammes. Pour conserver la précision des joints, on a employé un moyen très-ingénieux. Les nervures qui consolident la zone horizontale de la cloche mobile avec la partie cylindrique sont obliques, de telle sorte qu'à chaque soulèvement de la cloche il se produit un petit déplacement latéral. Ce déplacement promène les zones de contact les unes sur les autres et détermine ainsi une sorte de rodage constant qui conserve les joints.

Le siége fixe B'B' présente un cercle de $0^m,56$ au vide produit dans le corps de pompe; c'est-à-dire que son soulèvement peut être considéré comme sollicité par un effort de 2,460 kilogrammes. Son poids considérable ne suffirait donc pas pour s'opposer à un déplacement; il a du être consolidé par une tringle verticale D, arrêtée à la base de l'aspirateur.

La tige doit supporter à sa levée un effort de traction estimé à

| | |
|---|---|
| Colonne d'eau sur le piston..... | 17,000 kilogrammes. |
| Poids de la tige et du piston.... | 3,227 |
| Frottements du piston estimés... | 1,424 |
| Total..... | 21,651 kilogrammes. |

La section transversale de cette tige est de 900 C²; elle supporte donc un effort d'environ 24 kilogrammes par centimètre carré, effort auquel suffiraient les platines en fer dont elle est armée sur toute sa longueur.

### POMPES FOULANTES.

Lorsqu'on établit une colonne d'épuisement définitive, les pompes foulantes en sont les éléments essentiels et ceux qui ont le plus besoin d'étude. Une pompe élévatoire est en effet dans les meilleures conditions pour élever l'eau, et, lorsqu'elle est bien établie, son rendement est même supérieur au débit théorique. Les pompes foulantes, qui élèvent, au contraire, l'eau par la descente du piston, sont dans des conditions bien plus difficiles; l'eau est refoulée en faisant deux coudes, et pour que le débit effectif soit égal au rendement théorique, il faut que l'aspiration ait été complète, qu'il n'y ait pas d'air dans le corps de pompe et que les joints ne permettent aucune fuite.

La construction ordinairement adoptée est celle de

la pompe à plongeur, planche LVIII, figures 7 et 8. Cette pompe a 0m,55 de diamètre et 3 mètres de course; elle a été construite par Daglish, du Lancashire, pour les mines de lignite de Fuveau, et présente dans ses détails de construction quelques perfectionnements intéressants.

Le piston plongeur a la forme d'un tube tourné, fermé par son extrémité; il est en bronze, lorsque les eaux sont corrosives. Ce piston passe à travers un stuffing-box serré par trois boulons. Le corps de pompe est monté sur une chapelle contenant le clapet d'aspiration et communiquant par une tubulure avec la colonne de refoulement. Le clapet de refoulement est, comme celui d'aspiration, à deux soupapes métalliques avec charnières à la circonférence. Ces clapets sont en bronze et simplement posés sur le siége de la chapelle, de telle sorte qu'on puisse les retirer et les remplacer en ouvrant les portes des chapelles (planche LVIII).

L'aspiration est, comme on le voit, très-courte et sans rétrécissement de section dans les tuyaux, de sorte qu'elle soit aussi sûre et aussi complète que possible.

Les chapelles sont renforcées par des nervures, ainsi que les portes dont on remarquera la forme à fond courbe et rentrant, figure 8, de telle sorte que la section parcourue par la colonne d'eau reste toujours cylindrique, et ne présente pas ces rentrées et ces saillies qui donnent lieu à des chocs.

La tubulure, qui porte la chapelle de refoulement, est fermée par un fond solide et repose sur un tuyau

qui vient se boulonner sur une plaque de fondation, et qui reçoit également la prise d'eau renflée et percée de trous de l'aspiration.

La chapelle de refoulement sert ainsi de base à la colonne composée de tuyaux en fonte à brides tournées et à joints rentrants. Au bas de cette colonne, on remarquera que le premier tuyau a reçu une fourrure alésée en bronze et un siége de clapet mis en place sur le plan. Un clapet mobile, à anse, se descend à volonté, de manière à transformer le premier tuyau en corps travaillant en y descendant un piston. On peut ainsi, dans le cas où une pompe foulante se trouverait noyée, transformer une colonne foulante en colonne élévatoire et abaisser le niveau des eaux jusqu'à ce que la pompe foulante puisse être elle-même émergée et mise en marche.

La pompe de Bleiberg, planche LXIII, à plongeur de 1 mètre de diamètre et $2^{m},85$ de course, résume et met en évidence, en les exagérant, toutes les difficultés que présente la construction des pompes foulantes.

Cette pompe, dont la coupe, planche LXII, figure 2, indique la disposition en plan, repose sur un soubassement qui lui sert de fond et la réunit à la colonne de refoulement. Ce soubassement permet de poser l'ensemble sur la surface plane de la charpente montée dans le puits pour la recevoir.

Le corps de pompe est en deux pièces. La partie supérieure est un cylindre qui porte le stuffing-box et la partie inférieure réunit le corps de pompe avec la cha-

pelle du clapet d'aspiration. Cette chapelle sert elle-même de support à une seconde dans laquelle se trouve le clapet de refoulement. Les deux clapets sont du système Hornblower, mais leurs dimensions sont inégales, le clapet de refoulement étant sensiblement plus grand que le clapet d'aspiration.

Les deux siéges fixes sont reliés entre eux de telle sorte que les pressions qu'ils subissent s'équilibrent, et que leur poids suffise pour empêcher tout déplacement.

On remarquera que l'espace nuisible est plus considérable dans cette pompe que dans le système élévatoire; il n'en peut être autrement, les pièces étant aussi rapprochées que possible. Le volume, l'air contenu dans ces espaces nuisibles est de 2,700 litres, tandis que le déplacement produit par la levée du plongeur n'est que de 2,230 litres. La pression sur la soupape, après la levée du plongeur, sera donc encore égale à 0,56. Or, la zone sur laquelle s'exerce cette pression déterminée par la différence des rayons, 51 — 32, a pour surface 4,995 centimètres carrés; ce qui fait 2,797 kilogrammes; ajoutant 230 kilogrammes, poids du clapet, le total est de 3,027 kilogrammes qui s'opposent à la levée.

Cette levée du clapet est sollicitée par la pression atmosphérique qui s'exerce sur la zone ayant pour largeur la différence des rayons 48,85 — 37, soit une surface de 3,063 $C^a \times 1^{kil},03 = 3,154$ kilogrammes. La pompe n'étant pas amorcée, ce n'est qu'à la fin de l'as-

cension du plongeur que cette soupape se lèvera, et la mise en train serait très-difficile si l'on n'avait eu soin de surélever la colonne d'aspiration au-dessus du clapet.

Pour le refoulement, la soupape supérieure est comprimée sur son siége par une colonne d'eau de $3^{kil},70$ par centimètre carré. La zone comprimée a pour surface 6,538 $C^t$. La pression qui s'oppose à la levée est donc 24,170 kilogrammes. Pour surmonter cette pression, l'effort s'exerce sur une surface qui n'a que 3,633 centimètres carrés. La pression sera donc $\frac{24,190}{3,633} = 6^{kil},60$ par centimètre carré.

Ces différences considérables de pression réagissent sur les parois des chapelles, et dans la pompe de Bleiberg on s'est appliqué à conserver la forme cylindrique pour toutes les parties qui y sont exposées. C'est pour cela certainement qu'on s'est contenté de percer les chapelles de petits trous d'homme à fermeture autoclave, au lieu d'adopter les formes planes qui exigent des nervures et des épaisseurs de fonte plus considérables. Ces différences de pression auraient pu d'ailleurs être réduites en diminuant la largeur des bagues de contact et ces clapets n'eussent peut-être pas soulevé les critiques dont ils ont été l'objet.

On doit remarquer, en effet, que les mêmes effets se produisent pour tous les clapets. Comme il faut des surfaces de recouvrement, la pression exercée en dessus par la colonne d'eau, s'exerce toujours sur une surface plus considérable que celle qui reçoit l'effort de

l'eau refoulée; de telle sorte que les chapelles soumises à ces pressions et aux chocs qui les accompagnent se brisent souvent sans qu'on se rende compte au premier abord des causes qui produisent ces accidents.

Supposons qu'on substitue à la soupape Hornblower les clapets divisés comme ceux du piston de la pompe élévatoire. Chacun des huit trous qui traversent le piston présente un développement de 85 centimètres; si nous admettons $0^m,025$ de recouvrement, ce qui n'est pas trop pour ces dimensions, chaque clapet présentera 215 centimètres de recouvrement, et pour les 45 clapets, ce sera encore 1,820 $C^2$ de différence entre les surfaces comprimées du dessus et celles qui reçoivent l'action soulevante du dessous. Or, il serait facile de ramener à ce chiffre les différences que présente la soupape d'Hornblower.

Le piston plongeur est boulonné sur une traverse en fonte, qui est elle-même fixée aux deux tiges motrices.

Ces deux tiges descendent de chaque côté de la pompe et constituent la maîtresse tige qui descend du jour jusqu'à la pompe élévatoire. Chacune de ces tiges est formée par la réunion de deux chevirons et présente un équarrissage de $0^m,68$ sur $0^m,30$.

Ces pièces sont platinées sur les quatre faces, par des fers méplats, de $0^m,15$ de largeur sur $0^m,25$ d'épaisseur. Les bandes de fer ne sont pas simplement juxtaposées bout à bout; à chaque reprise elles se doublent et sont assemblées de manière à constituer un platinage continu et solidaire sur toute la hauteur. L'équarrissage

total des bois de la maîtresse tige est ainsi de $0^m,68$ sur $0^m,60$, et celui des fers de $0^m,15$ sur $0^m,20$, masse qui se trouve augmentée par les ferrures supplémentaires, les entretoises, et par un remplissage en bois qui, vers l'orifice du puits, réunit les deux tiges.

Tout cet attirail a un poids bien supérieur à celui de la colonne d'eau refoulée, et, pour en compléter l'équilibre, deux contre-balanciers sont attelés à la maîtresse tige vers l'orifice du puits. Un de ces contre-balanciers est vu debout sur l'élévation de la machine motrice, planche LXX; sa construction est d'ailleurs la même que celle du balancier moteur.

### MACHINES D'ÉPUISEMENT.

La machine destinée à donner le mouvement à la colonne d'épuisement doit être à simple effet; système établi d'abord par Newcomen et perfectionné successivement par divers constructeurs du Cornwall.

C'est seulement en 1832 que la première machine du système de Cornwall fut construite en France, dans les ateliers de Chaillot, et montée au charbonnage de Bruille; premier modèle qui fut suivi de nombreuses reproductions exécutées par les ateliers du Creusot et d'Arras. Depuis, diverses machines ont été importées d'Angleterre, notamment à Egarande, dans le bassin de la Loire, et aux mines du Rocher-Bleu près Fuveau; les

plans de ces deux machines ont été publiés, ainsi que ceux des meilleurs types du Cornwall.

Tous ces plans sont d'une identité remarquable, identité qui démontre que les mécaniciens du Cornwall avaient trouvé les moyens les plus rationnels de construction qui puissent être déduits des connaissances actuelles.

Ces machines ont cependant subi depuis quinze années une transformation remarquable. Les premiers modèles importés ou construits en France et en Belgique étaient tous à balancier; depuis, les machines à traction directe, dans lesquelles la tringle du piston moteur est directement attachée à la maîtresse tige, se sont répandues à tel point que la machine à balancier est devenue une exception.

Ces deux types, si différents quant à la forme, diffèrent très-peu sous le rapport des détails mécaniques. Tous deux sont à simple effet, pourvus des mêmes régulateurs ou appareils de distribution, dans lesquels les soupapes à double recouvrement (système Hornblower) sont gouvernées par une ou deux cataractes. On peut donc obtenir les mêmes conditions de régularité et d'économie, que l'on adopte comme moteur de la maîtresse tige d'une colonne d'épuisement, une machine à balancier, ou une machine à traction directe.

Ce dernier système offre une apparence de simplicité qui prévient en sa faveur. Ce qui démontre sa raison d'être, c'est qu'il n'a pas eu d'inventeur pour le préconiser et qu'il est né de circonstances spéciales, dans les-

quelles l'exiguïté du local a obligé à chercher les dispositions qui demandaient le moins de place. On a dès lors supprimé la condensation, qui exige toujours un grand emplacement; on a placé le cylindre moteur de manière à transmettre le mouvement direct à la maîtresse tige, disposition adoptée depuis longtemps pour les cylindres moteurs des machines à colonne d'eau qui sont toujours à traction directe. Ainsi réduite, la machine d'épuisement était à la fois un appareil des plus simples et des moins coûteux en frais de premier établissement.

Mais cette économie d'installation était achetée par le sacrifice de tous les avantages que présente le véritable type du Cornwall. Au lieu d'une consommation de $1^{kil},50$ de houille par force de cheval et par heure, qu'on peut obtenir avec ce type, les machines à haute pression et détente, sans condensation, consommèrent 4 et 5 kilogrammes.

On revint donc au type du Cornwall; tout en conservant la disposition du cylindre à traction directe, on rétablit la condensation et la distribution caractéristique, on rétablit même le balancier, mais en l'attelant en dessous, comme organe accessoire, destiné non plus à transmettre le mouvement avec toute la force du moteur, mais simplement à activer la pompe à air, les poutrelles, les pompes alimentaires, et à recevoir les contre-poids nécessaires pour régler l'équilibre de la maîtresse tige.

Ramenée à ces conditions, la machine à traction di-

recte peut reprendre le nom de machine du Cornwall; elle en a toutes les dispositions caractéristiques relatives à l'emploi de la vapeur et à l'économie du combustible. Mais il faut aussi en convenir, la simplification n'est plus qu'apparente, et il n'y aura aucune économie dans les frais de premier établissement.

Malgré cette considération, malgré les critiques dont il a été l'objet à son tour, le système de la traction directe continue à dominer. Des discussions, quelquefois très-vives, ont été engagées pour ou contre ce système, pour ou contre l'ancienne disposition à balancier, et ce qui paraît résulter de ces discussions, c'est que chacune des deux dispositions présente des avantages et des inconvénients. Voici comment on peut résumer les conclusions auxquelles on arrive.

Les machines à balancier conviendraient aux épuisements qui exigent de grands diamètres, parce qu'elles n'obstruent pas l'orifice du puits; parce que leurs fondations, placées en dehors des parois du puits, présentent plus de sécurité; parce que les diverses parties de l'appareil sont plus accessibles pour l'entretien et d'une réparation plus facile.

Le système à traction directe convient surtout aux machines dans lesquelles le cylindre ne doit pas dépasser $1^{m},50$ de diamètre, et lorsque celui des pompes ne dépasse pas $0^{m},45$. Leur installation est dans ce cas plus simple, occupe peu d'espace, de telle sorte qu'on a pu, dans beaucoup de cas, les placer sur un compartiment

isolé d'un puits d'extraction, sans bâtiment spécial et dans des conditions de simplicité qu'on n'aurait pas obtenues avec l'autre système. Récemment, les ateliers de Haine-Saint-Pierre ont même monté une machine à traction directe sur un des puits d'extraction de Saint-Martin, sans y admettre le balancier destiné à régler l'équilibre, cet équilibre ayant été obtenu par un calcul rigoureux de toutes les pièces admises dans la composition des tiges.

Ce qui est essentiel dans les machines d'épuisement, c'est la sûreté et la régularité du service, c'est en second lieu l'économie de la vapeur, économie qui, dans ces grands appareils, résulte non-seulement du combustible qu'on ne brûle pas, mais des frais de chauffage et de chaudières que l'on évite. Or, ces avantages peuvent être obtenus dans tous les cas par l'emploi des deux systèmes, lorsqu'ils sont bien étudiés et bien construits.

Dans plusieurs machines établies en France et en Belgique, l'économie de combustible reconnue pour les machines du Cornwall n'a pas été obtenue, de telle sorte que beaucoup d'ingénieurs doutent de la réalité de cette économie.

Ce mécompte est résulté d'abord de ce que l'on a exagéré les économies obtenues dans le Cornwall; en second lieu, de ce que ces économies ne sont possibles que si les appareils sont dans les mêmes conditions, non-seulement sous le rapport de la construction de la machine, mais aussi sous le rapport des conditions

de la colonne d'épuisement que cette machine doit mettre en mouvement.

En réalité, la moyenne des consommations dans le Cornwall est $1^{kil},50$ de bonne houille, par heure et par force de cheval. C'est seulement dans de rares exceptions que la consommation a été réduite à 1 kilogramme; lorsque l'établissement de la colonne d'épuisement s'est trouvé dans les conditions les plus favorables, ce qui dépend à la fois de la profondeur et du diamètre de la colonne, de la masse des tiges, etc., et du rapport de l'effort produit avec le travail à effectuer.

Une expérience importante fut entreprise, en 1850, aux mines de plomb et de zinc du Bleiberg en Belgique. Elle a fixé à $1^{kil},50$ les consommations réelles et moyennes sur lesquelles on doit compter, et, par conséquent, établi la supériorité des machines du Cornwall pour l'épuisement des eaux.

Cette économie remarquable, pour un travail qui est loin d'être avantageux pour le moteur, puisqu'à chaque coup de piston il doit vaincre l'inertie d'une masse énorme, résulte, ainsi que nous l'avons dit précédemment, d'une série de conditions favorables dans lesquelles ces machines sont établies et fonctionnent. Ces conditions favorables se résument ainsi : 1° production de la vapeur, avec des chaudières à grandes surfaces de chauffe, à foyers intérieurs; bon charbon, bon tirage; 2° vaste réservoir de vapeur et emploi de cette vapeur avec des tuyaux, des orifices d'admission et

l'émission de très-grands diamètres; 3° condensation aussi parfaite que possible; 4° détente très-développée favorisée par les conditions de simple effet et d'inégalité de vitesse du piston, qui coïncident précisément avec les conditions de mouvement qui sont les meilleures pour la colonne d'eau.

### MACHINES A BALANCIER.

Les avantages que nous venons d'énumérer s'obtiennent dans les machines du Cornwall par des dispositions souvent décrites; le caractère spécial de ces machines étant une distribution mue par une ou deux excentriques.

Les planches LXV et LXVI représentent le détail du régulateur d'une de ces machines, exemple déjà bien ancien, puisqu'on y a reproduit à peu près dans tous ses détails la machine construite en 1833 dans les ateliers de Chaillot, mais qui nous paraît très-supérieure, comme disposition et comme élégance, à la plupart des régulateurs qui ont été construits depuis cette époque. Les machines du Cornwall, comme pour celle de [illegible] tout souvent remonter aux types anciens, si [illegible] retrouver les formes les mieux étudiées et les [illegible]

[illegible] obtenue par ce régulateur comme [illegible] au moyen de la soupape d'*admis-* [illegible] piston, de la soupape d'*équilibre*,

qui met en communication le dessus du piston et le dessous, de manière à permettre la descente de la maîtresse tige, et de la soupape d'*exhaustion*, qui conduit au condenseur la vapeur passée en dessous du piston. Ces trois soupapes sont du système Hornblower.

Chaque soupape est gouvernée par un arbre spécial qui porte : 1° une manivelle reliée par une tringle et un levier à la soupape qu'il gouverne; 2° une manivelle à laquelle est attachée une tringle, qui porte un contrepoids assez lourd pour soulever la soupape; 3° un encliquetage ou quart de cercle, qui sert à accrocher la soupape sur un galet, fixe dans sa position naturelle, mais qui peut être soulevé par les leviers de la cataracte; 4° une manette servant à gouverner la soupape à la main, et à raccrocher les encliquetages au moyen de taquets placés sur la poutrelle.

La soupape d'admission est gouvernée par deux petites manettes et deux longs taquets, dont le mécanicien peut régler la position à l'aide d'une vis; ce dispositif permet de déterminer la fermeture de la soupape à tout moment de la course, et par conséquent de régler la détente.

Lorsqu'on s'est rendu compte de ces détails, on voit que les organes du régulateur ne sont pas aussi compliqués qu'il semble au premier abord. Quatre organes se répètent trois fois pour les trois soupapes. L'arbre de la soupape d'exhaustion porte de plus une manivelle qui commande la soupape d'injection d'eau dans le condenseur.

par une seule cata-
aujourd'hui deux dans
veut en réalité pro-
cale, à l'aide des vis
qui décrochent les

la base de la colonne
n *b* à la tige *bf* de la
sont destinées à dé-
l'exhaustion et de l'ad-
vis décrochements dé-
réglés par des vis, qui
nent des déclics.
du piston de la cataracte
sortie de l'eau, ouver-
minée à l'aide de la vis

étant ainsi établies : au
est au bas de sa course,
caches LXV et LXVI, l'ad-
ngtemps par les longs ta-
stérieurement fermée, et
libre vient d'être ouverte.
ar l'excédant de poids de
nté en haut de sa course.
s'abaissant par l'effet de
graduellement le point
le point *a*. La tringle *ae*,
l'encliquetage d'exhaus-

tion, le condenseur agit et le piston tend le balancier sur la maîtresse tige. Un moment après (moment dont la durée se trouve réglée par la vitesse de descente du piston de la cataracte), l'admission est ouverte et le piston moteur part vivement. Les longs taquets *t t* ferment cette admission au cinquième et quelquefois même au dixième de la course, qui s'achève sous l'effort de la détente et du condenseur.

Une machine de 2$^{m}$,30 de course, comme celle qui est représentée, peut donner dix coups de piston par minute; elle fonctionnera dans de meilleures conditions en n'en donnant que huit. L'irrégularité des vitesses est précisément favorable au mouvement imprimé à la colonne d'eau, dont l'aspiration obtenue par un départ très-vif s'achève avec une vitesse décroissante, et dont le refoulement se fait avec une vitesse modérée de 1 mètre à 1$^{m}$,50 par seconde.

Grâce à ces dispositions, la machine d'épuisement fonctionne avec une économie de vapeur d'autant plus remarquable qu'elle doit vaincre à chaque oscillation l'inertie d'un poids énorme de tiges.

Le balancier moteur est la pièce caractéristique du système à balancier, celle qui établit sa différence principale avec le système à traction directe. Nous donnerons donc quelques détails sur les conditions de sa construction. Le balancier représenté planche LXIX est précisément celui qui a été adopté pour la machine dont le régulateur vient d'être décrit.

Ce balancier est formé de deux flasques réunies par

huit gros boulons serrés sur des entretoises, dont les positions sont indiquées sur l'élévation figure 1; les moyeux fortement renflés de ces deux flasques sont en outre calés sur l'axe central. Le balancier ainsi monté reçoit ensuite les axes auxquels sont suspendus les deux parallélogrammes qui supportent, l'un la tige du piston moteur, et l'autre la maîtresse tige des pompes.

Dans la plupart des cas les deux flasques sont inégales, parce qu'on donne au piston moteur une course un peu plus grande que celle des pompes. Ainsi, pour l'exemple indiqué, la course du piston moteur est 2m,30, tandis que celle des pompes est de 2 mètres seulement.

Les extrémités du balancier sont encore pourvues de deux fortes traverses en fer, destinées à limiter leur course. Lorsque la course normale est franchie, ces deux traverses rencontrent les sommiers horizontaux passés dans les paliers qui supportent l'axe central. Ces sommiers sont composés chacun de deux fortes pièces de bois superposées, la pièce supérieure se trouvant évidée en dessous à chaque extrémité, de manière à former un ressort qui reçoit les chocs.

Les axes destinés aux petites suspensions des parallélogrammes, à la poutrelle du régulateur, à la tringle de la pompe à air et à celles des pompes alimentaires complètent le balancier. Chacun de ces axes est calé dans des renflements de la nervure médiane.

Nous avons si souvent remarqué des balanciers dont les proportions étaient défectueuses, que nous croyons devoir recommander celui qui est représenté par la

planche LXIX, sous le double rapport de la disposition générale, et surtout des proportions qui existent entre les hauteurs et les longueurs des flasques. Ce balancier a été dessiné par Trewitick, et pour huit machines construites sur ce modèle, nous n'avons jamais appris qu'un balancier ait été brisé; tandis que leur fréquente rupture est un des arguments invoqués en faveur du système de machine d'épuisement à traction directe.

On a quelquefois construit des balanciers en tôle, avec fers d'angle pour former les nervures, et l'on s'en est bien trouvé. Ce mode de construction serait donc une réponse à toutes les craintes émises sur la solidité des balanciers, si réellement cette solidité ne pouvait être obtenue par un judicieux emploi de la fonte, ce qui doit être considéré comme démontré par de nombreux exemples.

Lorsque dans l'établissement d'une machine d'épuisement, moteur, tiges et pompes, on reproduit *toutes* les conditions favorables de ces machines, on peut espérer les résultats obtenus au Cornwall. Nous disons *espérer*, car dans des appareils aussi complexes, on ne peut jamais avoir la certitude d'atteindre une perfection qui résulte le plus souvent d'une marche successivement améliorée par une longue pratique et par de nombreux tâtonnements.

En 1850, on monta aux mines de Bleiberg des machines d'une très-grande puissance. Les ingénieurs des ateliers de Seraing entreprirent la construction de ces machines et crurent pouvoir promettre qu'en em-

ployant tous les perfectionnements des meilleurs types de Cornwall, ils obtiendraient en même temps les résultats les plus économiques.

La première partie de ce programme fut certainement accomplie; les machines sont telles qu'on n'en peut citer de plus parfaites. Une de ces machines est représenté planche LX. Mais les conditions économiques de la marche furent contestées; une discussion s'ensuivit, et les machines furent soumises à une expertise du plus grand intérêt.

Il s'agissait en effet de savoir si dans les machines les plus puissantes qui aient encore été appliquées à l'épuisement, sur le continent, après l'étude la plus minutieuse des machines du Cornwall, et après avoir introduit dans la construction des machines et des colonnes d'épuisement tous les perfectionnements connus, on avait réalisé tout ce qu'il était convenable d'exiger du constructeur; ou si on pouvait lui reprocher ce que l'on regardait comme un excès de consommation de combustible. Une Commission fut désignée, et le rapport que nous transcrivons ci-après aura l'avantage de répondre aux questions posées et de préciser les conditions de puissance remarquable dans lesquelles furent construits ces deux puissants appareils.

Il s'agissait aussi de déterminer par des expériences faites avec tous les soins possibles, en présence des hommes les plus compétents, ce que consommaient les machines du Cornwall, car déjà beaucoup d'ingénieurs révoquaient en doute les résultats annoncés, qui repo-

saient uniquement sur les assertions des ingénieurs anglais. Nous croyons donc utile de citer les procès-verbaux de ces expériences dans tous leurs détails.

*Procès-verbaux de la Commission contradictoire.*

Les soussignés J. Galpin, V. Duval, Bellefroid et Trasenster, désignés respectivement par les Sociétés du Bleiberg et John Cockerill, pour constater l'effet utile de la machine d'épuisement de la mine du Bleiberg et la consommation de combustible, se sont réunis à cette fin à la mine du Bleiberg, les 11 décembre, 7 et 8 janvier 1851.

MM. Ducoulombier, directeur-gérant, Goret, ingénieur de la Société du Bleiberg, et Brialmont, ingénieur de la Société John Cockerill, ont été présents à toutes leurs délibérations et ont assisté à leurs opérations.

Dans leur première séance, après avoir établi que le premier point à constater était la quantité d'eau réellement et pratiquement fournie par les pompes, ils ont reconnu que, dans l'état des choses, il n'y avait aucun moyen direct de déterminer cette quantité ; que, d'un autre côté, il était impossible de se mettre d'accord sur l'adoption d'un coefficient approximatif ; en conséquence, ils ont décidé d'ajourner leurs opérations jusqu'à ce que l'on eût établi les moyens nécessaires pour procéder à un jaugeage direct.

Ils ont été d'avis qu'il était nécessaire de prolonger la colonne des pompes jusqu'à la surface et d'y placer un vase en tôle d'une capacité de 25 mètres cubes environ, pouvant contenir au moins le produit de dix coups de piston, et dont la contenance serait constatée au besoin par empotement, au moyen d'une mesure d'un mètre cube en tôle.

Pour constater le nombre de pulsations de la machine, ils ont été d'avis de placer trois compteurs sur le balancier.

Ils ont ajourné la suite de leurs opérations, jusqu'à l'époque où toutes ces dispositions seraient exécutées.

Le 7 janvier, tout étant terminé, ils se sont réunis de nouveau.

Ils ont constaté que la colonne d'eau avait été prolongée de 15 mètres pour amener les eaux au niveau du bord d'une cuve cylindrique en tôle de $3^{m},45$ de hauteur intérieure munie d'une soupape de décharge. Les eaux se versaient dans un chenal en bois muni de deux vannes permettant de donner accès à volonté soit dans la cuve, soit dans le canal de l'établissement. Une mesure de 1 mètre cube placée à l'orifice de la cuve était destinée à servir au besoin à la jauger par empotement. C'est ce moyen qui a été employé d'abord; mais de légères fuites à la soupape inférieure de la cuve ayant fait craindre pour l'exactitude du résultat, ils ont procédé à une vérification au moyen d'un jaugeage métrique, en mesurant six sections de la cuve à diverses hauteurs, chacune d'elles étant obtenues en prenant la longueur de quatre diamètres différents. Ils ont déduit le volume de la soupape et des clous qui faisaient saillie dans la cuve, et, pour la capacité de la cuve au-dessus du fond concave toujours rempli d'eau au commencement de chaque opération, ils ont obtenu $25^{ms},145$.

Ces dispositions prises, ils ont mis chacun de leur côté des personnes de confiance pour manœuvrer les vannes, observer exactement la longueur et la course du piston et recueillir une petite quantité d'eau qui s'échappait par les joints de la vanne fermée pendant le jaugeage.

Après quelques essais préliminaires pour parvenir à observer avec précision, on a commencé le jaugeage.

A cet effet, on a recueilli chaque fois dans la cuve le produit de onze coups de piston.

Trois essais ayant donné des résultats parfaitement concordants, les soussignés ont été d'avis que le nombre de ces essais était suffisant pour constater avec exactitude le produit des pompes.

Dans le premier essai, la course moyenne a été de $2^{m},85$, le volume d'eau débité de $24^{ms},669$. Le volume engendré par les pistons étant de 24,622, l'excédant du volume extrait sur le volume théorique a été de 47 litres.

Dans le deuxième essai, la course étant la même, le volume d'eau a été de $24^{m3},647$; l'excédant a été de 25 litres.

Enfin, dans le troisième essai, la course a été de $2^{m},88$, le volume d'eau de $24^{m3},897$, et le volume théorique de 24,831 ; soit un excédant de 16 litres.

Les trois essais ayant ainsi donné pour le produit des pompes un léger excédant sur le volume engendré par les pistons, les soussignés ont été unanimement d'avis que ce dernier volume pouvait être adopté comme représentant l'effet donné par les pompes. Ce point résolu, les experts ont à déterminer la consommation de combustible. Mais M. le directeur du Bleiberg et MM. Galpin et Duval ayant témoigné le désir que pour faire ces essais, on réunît de nouveau les eaux sur la galerie d'écoulement, tant pour éviter un surcroît de dépense de combustible que dans la crainte que la masse d'eau versée au jour ne nuisît aux fondations des diverses constructions qui entourent le puits, les représentants de la Société John Cockerill ont déclaré ne pas s'opposer à ce que les choses fussent remises dans l'ancien état, avant de procéder aux essais sur la consommation de combustible. En conséquence, il a été décidé que ces essais commenceraient le lendemain, aussitôt que cette condition serait exécutée.

Le 9 janvier 1851, les experts soussignés se sont réunis de nouveau en présence de MM. Ducoulombier, Brialmont et Goret, et ils ont arrêté les mesures suivantes pour déterminer la consommation de combustible de la machine du Bleiberg.

1° Le nombre de pulsations du piston sera constaté au moyen du compteur de l'établissement, scellé par les experts, son exactitude ayant été suffisamment reconnue, tandis que les deux autres compteurs qui devaient fonctionner simultanément ont été reconnus défectueux.

2° L'amplitude de la course du piston sera constatée une fois toutes les heures, ainsi que le nombre de pulsations, et cela contradictoirement par des représentants des deux sociétés.

3° Le pesage du charbon se fera au moyen d'une balance de

l'établissement dont l'exactitude a été vérifiée par les experts. Le charbon pesé au magasin, en présence d'employés des deux Sociétés, sera amené ensuite devant les foyers.

Ces dispositions arrêtées et la machine ayant acquis sa marche normale, les observations ont commencé à deux heures de relevée. Les experts ont observé le nombre de pulsations indiqué par le compteur : il était de trois cent soixante-cinq. C'est ce nombre qui a été pris pour point de départ.

En même temps, ils se sont assurés qu'il n'existait pas de charbon non pesé devant les foyers ; ils ont constaté que les grilles des quatre foyers en activité étaient chargées d'environ $0^{m},10$ de charbon, dont la combustion était fort avancée, que le manomètre indiquait une pression de $1^{m},42$ de mercure, et que le niveau de l'eau dans les quatre chaudières était respectivement de $0^{0}$ à 1/2, à 1 et 1 1/2, division de l'indicateur.

Le 15 janvier 1851, les experts soussignés se sont réunis de nouveau à l'établissement du Bleiberg, en présence de MM. Ducoulombier, Goret et Brialmont, pour examiner le résultat des observations faites depuis le 9 janvier précédent.

Les observations relevées par MM. Duval et Franck, conformément aux résolutions arrêtées par les experts, attestent que, depuis cette époque, la machine a marché avec une régularité parfaite, et que, sauf une interruption due à l'ouverture intempestive d'un robinet de chaudière par un jeune ouvrier, elle a fonctionné d'une manière continue.

Ces observations attestent également que la consommation n'a varié que dans d'étroites limites aussi bien en comparant les résultats obtenus d'un jour à l'autre qu'en ayant égard aux résultats des essais préliminaires.

En conséquence, les soussignés, d'un commun accord, ont cru inutile de prolonger la durée des essais, les résultats des six jours écoulés leur donnant toute garantie de précision, tandis que la prolongation occasionnerait à la Société du Bleiberg des dépenses sans but utile.

Il résulte des observations recueillies que le nombre des le-

vées du piston après des intervalles de vingt-quatre heures environ et les chiffres de la consommation correspondante en charbon en roches de Seraing, concassé à la grosseur usitée dans le Cornwall, sont respectivement :

| Nombre d'heures écoulées. | Nombre de levées. | Consommation en kilogr. |
|---|---|---|
| 24 | 9,735 | 8,600 |
| 48 | 19,182 | 17,123 |
| 73 | 26,557 | 25,500 |
| 98 | 38,715 | 33,895 |

L'interruption étant survenue le 13 au soir, on n'a pas tenu compte régulièrement de la consommation depuis le 13 à quatre heures de relevée jusqu'au 14, à neuf heures et demie du matin; à ce moment, les feux, l'eau et la pression ayant du être ramenés à l'état observé au moment de l'arrêt.

Depuis ce moment jusqu'au 15 à deux heures trois quarts de relevée, la machine pour un intervalle de vingt-neuf heures un quart a donné 11,328 pulsations et a consommé 9,223 kilogrammes de charbon.

Il résulte de ces données que la machine ayant fonctionné pendant cent vingt-sept heures quinze minutes a donné 50,043 pulsations et a consommé 43,118 kilogrammes de combustible.

La course des pompes s'est maintenue, pendant toute l'opération, à $2^{m},85$, et la hauteur effective de la colonne d'eau à $71^{m},50$.

Le résultat de ces chiffres est que la machine a donné un effet utile moyen de 234 chevaux et que la consommation par force de cheval et par heure a été, en moyenne, de $1^{kil},448$.

Un des résultats remarquables de cette expertise est la constatation du rendement des pompes qui s'est trouvé supérieur au rendement théorique. Il y a longtemps que le fait avait été reconnu pour les pompes

élévatoires, et il s'explique dans ce cas par la vive impulsion donnée à la colonne d'eau et la direction rectiligne de cette colonne; mais il s'agit ici d'une pompe foulante qui fait subir à la colonne deux plis à angles droits, et il est important de constater que malgré cette condition défavorable, on peut, avec des pompes bien construites, obtenir un rendement égal au rendement théorique.

Le cylindre à vapeur de la machine du Bleiberg, planche LX, a un diamètre de $2^{m},67$ (surface $5^{m^2},5990$); la course moyenne étant de $3^{m},65$; le rapport des bras du balancier étant 6, 4 : 5, la course des pompes est $2^{m},85$.

La vapeur étant à la pression de 2 atmosphères $\frac{90}{100}$ dans les chaudières, la pression initiale dans le cylindre était de 2 atmosphères $\frac{42}{100}$, ainsi que l'indique le diagramme, planche LXII. L'admission était fermée après $0^{m},70$ de la course du piston, le reste s'achevant sous l'influence de la détente et du condenseur, de telle sorte que la vapeur occupait à la fin de la course un espace égal à cinq fois son volume primitif.

Dans ces conditions (voir le portefeuille Cockerill), le travail total par pulsation a été évalué à 259,371 kilogrammètres.

La pompe à air a $1^{m},52$ de diamètre et une course de $1^{m},40$; le volume d'un coup de piston est donc de $2^{m^3},540$. La pression moyenne dans le condenseur est de $0^{kil},074$ par centimètre carré, ce qui représente une

contre-pression moyenne de $5^{m^2},5990 \times 0^{kil},074 \times 3,65 = 15121$ kilogrammètres à déduire de l'effet utile total de 259,371 kilogrammètres. Il reste donc 83,181 kilogrammètres employés à vaincre toutes les résistances passives, pendant la double course de la machine; résistances dont on trouvera l'évaluation détaillée dans le portefeuille Cockerill.

Le rapport des experts ayant constaté 50,043 pulsations en 127 heures 15 minutes, on a obtenu $6\frac{55}{100}$ pulsations par minute, ce qui représente un effort de 377 chevaux.

Le travail utile représenté par la mesure de l'eau fournie par onze coups de piston (24,669 litres) était de

$$\frac{\frac{24,669}{11} \times 71^{m},50 \times 655}{\times 60\ 75} = 234 \text{ chevaux.}$$

Le rapport de l'effort produit par la machine à l'effet utile a donc été $\frac{234}{377} = 0,621$.

Cet effet utile n'est pas aussi considérable qu'on aurait pu le supposer pour une machine dont tous les détails ont été étudiés et exécutés avec autant de soin ; mais il faut remarquer que, dans les conditions où les essais ont été faits, la machine n'était pas employée à sa force réelle. Or, on sait qu'une machine qui ne travaille pas à toute sa force se trouve dans des conditions d'autant plus défavorables que la différence entre cette force et le travail effectué est plus considérable. Ce-

pendant cet excès de force est un inconvénient presque général pour les machines au moment où elles sont montées; on doit prévoir, en effet, un certain approfondissement du puits d'exhaure. Pour le cas particulier du Bleiberg, on nous assure que l'approfondissement des puits a déjà eu pour effet d'augmenter l'effet utile des machines dans une proportion notable.

### MACHINES D'ÉPUISEMENT A TRACTION DIRECTE.

Les machines à traction directe sont astreintes à la plus grande uniformité dans l'ensemble de leur disposition et dans les détails de leur construction; aussi les modèles des divers constructeurs présentent-ils généralement les mêmes formes. Nous donnons, comme spécimen, planches LXVII et LXVIII, une des machines les plus récentes, importée en France par Roberts Daglish, du Lancashire (Saint-Helens Foundry), et montée aux mines de lignite des environs de Marseille. L'atelier de Roberts Daglish est le plus renommé en Angleterre pour les constructions de ce genre; il est donc intéressant d'examiner ce qu'il a récemment fourni comme type le plus perfectionné des grandes machines d'épuisement.

A ce titre, l'administration jugea que cette machine pouvait être exonérée des droits d'importation.

Les planches LXVII et LXVIII indiquent la dispo-

sition adoptée de telle sorte qu'il est inutile d'en détailler la description. Cette disposition est conforme dans son ensemble à tout ce qui s'est fait en France et en Belgique. Nous signalerons seulement les détails qui ont paru présenter un caractère de nouveauté et de perfectionnement.

Le cylindre à vapeur, de 2 mètres de diamètre et de 3 mètres de course, est placé sur le puits, où il est soutenu par quatre sommiers en bois de chêne de $0^m,58$ sur $0^m,46$ d'équarrissage, reliés par un bâti qui sert de guide pour la tringle du piston, et qui porte des heurtoirs (analogues à ceux qui sont en usage dans les chemins de fer) pour limiter la course et garantir de tout choc le fond et le couvercle du cylindre.

A la traverse de la tringle du piston qui porte les deux guides, sont attelés deux balanciers solidaires, calés sur le même axe et ne formant en quelque sorte qu'une seule pièce. Ces balanciers portent, d'une part, les bielles qui donnent le mouvement à la maîtresse tige, et, d'autre part, des contre-poids que l'on règle de manière à obtenir le mouvement de descente avec la vitesse convenable.

Les balanciers, qui transmettent le mouvement au régulateur, à la pompe à air et aux pompes alimentaires, servent ainsi de contre-balanciers pour régler l'équilibre des tiges; ils ont $9^m,30$ de longueur et $1^m,15$ de hauteur au centre, et réunissent les conditions de forme et de solidité nécessaires pour cette double fonction.

Les soupapes du régulateur sont construites sur le système dit américain (soupapes doubles équilibrées) pour l'admission et l'équilibre, et sur le système d'Hornblower pour l'exhaustion. Leur mouvement est réglé par deux cataractes et deux poutrelles, de manière à obtenir, pour les moments d'ouverture et de fermeture de chacune, une complète indépendance et toutes les variations possibles.

Chaque soupape, comme dans la machine type du Cornwall, est commandée par un arbre spécial qui porte, outre ce mouvement, une manivelle avec contre-poids renfermé dans un cylindre, de manière à en amortir le choc, une manette et un encliquetage qui est décroché par la cataracte. Un plancher intermédiaire porte les cataractes, les contre-poids et les tuyaux adducteurs de vapeur avec vanne régulatrice. Le mécanicien, placé sur le plancher supérieur, gouverne à la fois les manettes de chaque soupape, la vanne régulatrice, les robinets des cataractes, le robinet d'injection du condenseur, et les taquets qui règlent la détente.

La pompe à air du condenseur est à tige creuse, ce qui permet de lui donner un mouvement direct par le balancier; son clapet est en caoutchouc vulcanisé et d'une seule pièce.

Ce qui donne réellement un caractère spécial et méritant à cette machine, c'est la disposition bien étudiée de ces organes, si nombreux et si complexes, et qui cependant sont tous facilement accessibles, tous faciles à surveiller et à entretenir. Pour arriver à cet ensemble,

il a fallu construire beaucoup, et obtenir, par l'étude pratique, les agencements et les détails que la théorie ne peut indiquer. A ce titre, la machine de Roberts Daglish résume heureusement tout ce que peut enseigner l'expérience.

Ce qui nous frappe surtout dans cette disposition, c'est l'heureuse symétrie qui est mise en évidence par l'élévation, planche LXVIII. Les deux grands balanciers tenant leurs bielles motrices suspendues dans le puits; le mouvement simultané des deux poutrelles, obtenu par deux leviers et un double parallélogramme; la soupape et le tuyau d'exhaustion dans l'axe comme le cylindre moteur; le système de tringles, leviers et engrenages qui groupe sous la main du mécanicien tous les organes qu'il doit gouverner; la facilité des abords de toutes les pièces, la disposition des murs de fondation et du bâtiment qui les surmonte, tout cela porte l'empreinte de l'étude des proportions et des dispositions heureusement réussies.

### MACHINE D'ÉPUISEMENT A DOUBLE EFFET.

La machine d'épuisement, à balancier ou à traction directe, avec son attirail de tiges et ses relais de pompe, exige un entretien attentif et coûteux. Des ouvriers spéciaux sont constamment employés pour surveiller et réparer les tiges maîtresses ou latérales, réparer et

changer les clapets des pompes, et, malgré les précautions les plus attentives, l'appareil est sujet à des accidents souvent longs et coûteux à réparer. La rupture d'une tige peut avoir, par exemple, les conséquences les plus graves, tant pour l'attirail des tiges lui-même que pour le cylindre à vapeur, conséquences telles que la réparation peut exiger plusieurs semaines pendant lesquelles les eaux envahissent les travaux souterrains.

Ces inconvénients incontestables des machines d'épuisement, que ces machines soient à balancier ou à traction directe, ont conduit à chercher d'autres dispositions. La seule qui soit devenue pratique consiste à placer dans la mine même une machine à double effet, qui donne le mouvement à une pompe également à double effet, et qui refoule, d'un seul jet, les eaux du fond jusqu'à la surface du sol.

Cette disposition, essayée d'abord sur une petite échelle, dans certaines galeries d'écoulement, pour assécher des exploitations en vallée, fut établie d'une manière fixe dans les houillères de Lucy près Blanzy, en 1845.

L'avantage de ce système est la suppression complète de l'attirail des tiges et des relais de pompes. La colonne d'épuisement est simplement composée d'une pompe à double effet, placée à la base d'une colonne de tuyaux qui monte jusqu'au jour.

D'abord monté au puits de Lucy 2, ce système a été ensuite établi, en 1858, au puits de la Carrière à Blanzy, et les conditions de construction du dernier

appareil sont spécifiées par les planches LXI et LXXI.

Une pompe à double effet est toujours d'une construction difficile, à cause de la multiplicité des assemblages qu'elle exige. Il faut, en effet, que cette pompe refoule et aspire successivement l'eau par les deux faces du piston, d'où résulte la nécessité de quatre clapets et de deux tuyaux latéraux, l'un destiné à l'aspiration, et l'autre au refoulement. L'étude des détails de construction les plus convenables a conduit à fondre d'une seule pièce le corps de pompe, les deux boîtes à clapet et les deux tuyaux latéraux, conformément au plan et coupes de la planche LXI.

On remarquera, en examinant le plan, figure 1; les coupes longitudinales, figures 2 et 3; les coupes transversales, figures 4, 5 et 6; que le corps de pompe ainsi fondu d'une seule pièce est disposé de manière à recevoir à l'intérieur un cylindre tourné et alésé en bronze, tube travaillant de $0^{m},18$ de diamètre, dans lequel se meut le piston avec une course de $1^{m},20$; plus quatre clapets à charnières serrés sur leurs siéges par des coins en bois.

L'eau aspirée par le milieu d'un des tuyaux latéraux est refoulée par une tubulure prise sur l'autre tuyau et communiquant avec un réservoir d'air placé sur le milieu même du corps de pompe.

Ces dispositions rendent très-faciles l'entretien et le changement des clapets, ainsi que le changement du piston et même celui du corps travaillant lorsqu'il a besoin d'être alésé. Les clapets et leurs siéges sont en

bronze mais garnis de cuir. Leurs siéges sont fixés dans des logements avec des coins en bois et le joint du siége avec le logement est obtenu par sa pression sur un boudin en caoutchouc placé dans une rainure. Ces siéges ont une inclinaison d'environ 60 degrés.

Cette pompe refoule l'eau à 100 mètres de hauteur, avec une vitesse moyenne de vingt-deux coups doubles par minute.

La planche LXXI donne le détail, en plan et élévation, de la machine complète à double effet, avec sa pompe, telle qu'elle est établie au fond du puits de la Carrière. Le diamètre du cylindre à vapeur est de $0^m,50$, et sa course de $1^m,20$.

Le mouvement est transmis directement de la machine à la pompe ; il est régularisé par deux volants placés en arrière et activés par deux bielles latérales. Cette machine est très-fortement membrée, afin d'éviter autant que possible les réparations, et l'on s'est appliqué surtout à rendre promptes et faciles toutes celles qui peuvent être nécessaires.

Les expériences, pour constater l'effet utile de ce système d'épuisement, ont été faites à Lucy 2, où se trouve placée, depuis 1845, une machine du même système, mais un peu moins forte.

La pompe à double effet a $0^m,12$ de diamètre et 1 mètre de course; le diamètre du piston à vapeur étant $0^m,293$. On a fait deux séries d'expériences sur une vitesse d'abord réglée à trente tours de manivelle par minute et ensuite à vingt tours.

1° A trente tours par minute. La pompe a fourni par heure $32^{m3},011$; le volume engendré par le piston (en tenant compte de l'espace occupé par la tige) ayant été de $39^{m3},240$. La différence ou perte a donc été de $7^{m3},229$, soit environ 1/5.

2° A vingt tours par minute. La pompe a fourni par heure $24^{m3},048$, le volume engendré par le piston ayant été de $26^{m3},160$. La différence a donc été de $2^{m3},112$, soit environ 1/12.

Ainsi, en marchant à vingt tours par minute, on a réduit la perte à ce qu'elle est ordinairement pour des pompes à simple effet du même diamètre.

La hauteur de la colonne de refoulement était de 90 mètres. Elle a été portée un peu plus haut à la Carrière, et l'on sait que l'on pourrait aller jusqu'à 200 mètres et même au delà. A Ilsang, dans les salines de la Bavière, une pompe a été construite qui refoule les eaux salées d'un seul jet, à une hauteur de 355 mètres.

Les avantages de ce système sont à prendre en très-sérieuse considération. C'est d'abord la simplicité que nous avons signalée précédemment, mais c'est en outre une économie considérable dans les frais de premier établissement; ainsi, voici une petite pompe, qui, à la vitesse de trente tours, peut fournir 32 mètres cubes d'eau par heure, d'abord parce qu'elle est à double effet, et, en second lieu, parce que la vitesse imprimée à la colonne d'eau ascendante peut être plus grande que dans le système ordinaire.

Pour obtenir un pareil débit avec la machine à simple effet et son attirail de tiges, il faudrait des pompes d'une capacité triple et une dépense d'installation supérieure dans la même proportion.

La préférence à accorder à ce système ne serait donc pas douteuse si, à côté des avantages, ne venaient se placer les inconvénients. Le premier est la dépense en combustible, que l'on peut évaluer de 4 à 5 kilogrammes par heure et par force de cheval, c'est-à-dire deux fois et demi la dépense des machines à simple effet. Le second est l'embarras qui résulte toujours de l'établissement d'une machine dans les travaux souterrains, surtout à cause des chaudières.

A Lucy, on a mis les chaudières dans la mine, en se servant d'un puits d'aérage comme cheminée ; à la Carrière, on a pris le parti de mettre les chaudières au jour, en entourant les tuyaux de vapeur et prenant toutes les précautions possibles pour empêcher leur refroidissement. On a réussi, parce que la distance que la vapeur doit parcourir n'est guère que 250 mètres, mais on ne peut se dissimuler qu'il y a là un obstacle sérieux pour tous les cas ou la distance entre les chaudières et la machine devrait être beaucoup plus considérable.

Une machine d'épuisement ainsi construite exige d'ailleurs une condition qui n'existe pas toujours; c'est qu'en dessous du niveau de la pompe et dans une hauteur de quelques mètres en contre-bas, il y ait des excavations assez grandes pour former un réservoir qui

puisse emmagasiner la venue d'eau pendant dix ou quinze jours. Si cette condition n'existait pas, un accident qui nécessiterait une réparation importante pourrait déterminer un chômage assez long pour noyer la machine.

Dans les mines de houille, on peut placer la machine au-dessus de la voie de fond, qui a toujours une grande étendue, et, par conséquent, satisfaire à cette condition essentielle.

En résumé, une pompe à double effet, fonctionnant au fond de la mine et refoulant d'un seul jet les eaux jusqu'à la surface, ne donne pas autant d'effet utile que les relais de pompes à simple effet placés dans le puits, mais l'entretien est plus facile et moins coûteux. La machine qui met cette pompe en mouvement consomme de 4 à 5 kilogrammes de houille par heure et par force de cheval, au lieu de 1,50 à 2 kilogrammes que consommerait une machine du système Cornwall à simple effet; mais l'ensemble de l'appareil a coûté le tiers en frais d'installation de ce qu'aurait coûté le système Cornwall. Enfin, ce qui est plus encore, on n'est plus astreint à la multiplicité des réparations qu'exigerait l'attirail des tiges et des relais de pompes à simple effet.

On peut donc, dans certains cas, gagner en intérêt d'argent, en simplicité de construction et en économie d'entretien, plus qu'on n'aurait gagné en économie de combustible : cela nous paraît incontestable pour les houillères, qui peuvent toujours brûler sous leurs chau-

dières à vapeur des combustibles de qualité inférieure, dont on ne pourrait trouver la vente qu'à des prix minimes.

En industrie, la simplicité des moyens et l'économie du capital engagé doivent être quelquefois préférées à une économie journalière. C'est ainsi qu'on a été conduit à donner la préférence à ce moyen d'une installation rapide et peu coûteuse, qui fonctionne avec le moins d'arrêts possible et avec le personnel le plus restreint.

# CHAPITRE V.

### TRANSPORTS AU JOUR.

VOIES ET WAGGONS. — PLANS INCLINÉS ASCENDANTS; AUTOMOTEURS; BIS-AUTOMOTEURS.
MISE EN TAS DES CHARBONS; RIVAGES ET PORTS SECS.

Si tous les puits d'extraction étaient placés sur les bords d'un canal ou à proximité d'un chemin de fer, le matériel des houillères ne s'étendrait guère au delà de ce qui est précédemment décrit et indiqué. Mais cette situation est une grande exception ; la position des puits est déterminée par les conditions géologiques des bassins houillers et par l'allure des couches, et l'exploitant doit ensuite les raccorder lui-même aux grandes voies de communication.

En France, les bassins houillers sont à la fois très-disséminés et placés, principalement dans l'intérieur, à des distances notables des voies navigables ou des chemins de fer. Ainsi, on compte plus de quarante bassins houillers dispersés autour du plateau central ou dans les anfractuosités que présente sa surface montagneuse. Sous ce rapport, les conditions naturelles de nos bassins houillers sont notablement inférieures à celles des bassins belges, longés et traversés par des

canaux et par des chemins de fer, auxquels les fosses d'extraction les plus importantes ont pu se relier par de nombreux embranchements industriels. Grâce à la loi de 1837, une houillère peut en effet obtenir en Belgique la déclaration d'utilité publique, c'est-à-dire le droit d'expropriation pour tout chemin de fer destiné à réunir une fosse d'extraction soit à un canal, soit au réseau des chemins de fer de grande communication.

On commence à comprendre en France l'influence que peut avoir, en faveur des industries houillères et métallurgiques, la création des embranchements multipliés des chemins de fer industriels, et nous avons tout lieu de croire que nos exploitations obtiendront, pour les petits chemins de fer qui doivent les mettre en rapport avec les grandes voies de communication, les facilités qu'elles n'ont pu avoir jusqu'à présent.

### VOIES ET WAGGONS.

Les différences de distance et de niveau, relativement aux voies de communication, mettent les puits d'extraction dans des conditions tellement variées, que cette variété se retrouve dans les moyens employés pour effectuer le transport des charbons et pour les porter aux points où ils doivent être emmagasinés, c'est-à-dire, soit aux rivages, sur le bord des rivières ou canaux, soit aux ports secs établis aux gares des chemins de fer.

Ces transports s'exécutent par chemins de fer, mais dans des conditions bien différentes.

Si la distance est courte, on peut se servir, à la rigueur, de chemins à petite voie, analogues aux chemins de fer du fond, et employer les mêmes waggons. Mais comme il faut presque toujours vider les waggons sur les haldes d'extraction, pour le triage et la classification, on adopte de préférence des voies plus larges et des waggons de plus grande capacité. A plus forte raison, à mesure que les distances sont plus longues, est-on conduit à se rapprocher de plus en plus des dimensions adoptées pour les grands chemins de fer. Nous laisserons donc de côté les chemins de fer qui se rapprochent de ceux du fond par les conditions de leur voie et de leurs waggons, pour ne parler que des véritables chemins du jour, dont la voie est de $1^{m},50$, et qui peuvent au besoin recevoir le grand matériel, ou plutôt de ceux qui s'en rapprochent beaucoup, et dont la voie est le plus souvent $1^{m},10$.

Les chemins de fer du jour sont généralement à une seule voie, et dans beaucoup de cas on a adopté la voie de $1^{m},10$, parce que $0^{m},40$ de réduction déterminent une économie considérable sur les dépenses de premier établissement.

La question de la voie à adopter pour les chemins de fer du jour est sans contredit la plus importante. Elle peut être considérée comme résolue ainsi qu'il suit, par l'expérience des principaux chemins de mine établis en France et en Belgique.

Si les puits peuvent être reliés aux chemins de fer de grande circulation par des pentes peu considérables

et avec des courbes de 200 mètres, on doit préférer la voie générale de $1^m,50$, avec des rails assez forts pour que le matériel du grand trafic puisse venir charger aux fosses. Une installation de ce genre, à une seule voie, coûtera en moyenne 100,000 francs par kilomètre, sauf les travaux d'art exceptionnels qui peuvent augmenter ce prix; mais ce sacrifice se trouvera largement compensé par la simplicité et l'économie des chargements et des transports.

Telle est la solution adoptée pour les fosses d'Anzin, Denain, etc., et pour celles des principales houillères de la Belgique.

La compagnie d'Anzin a donné à ses chemins de fer du jour un caractère tout particulier, par le tracé souterrain qu'elle a adopté pour les fosses des districts d'Anzin et de Saint-Waast.

L'orifice de la plupart de ces fosses se trouve de 15 à 20 mètres au-dessus des rivages de chargement sur l'Escaut, et l'on transportait autrefois des haldes sur ces rivages par charrettes; il était impossible de songer à établir un réseau de chemin de fer au jour, dans une contrée aussi populeuse et où il existait des routes nombreuses et des plus fréquentées. Dès lors on mit à profit la faible différence de niveau qui existait entre le fond de la vallée de l'Escaut et le plateau d'Anzin, pour relier les fosses aux rivages par un réseau de chemins de fer souterrains; et dans cette contrée, autrefois sillonnée de charrois si incommodes, on ne voit plus d'autres charrettes de charbon que celles qui vont le

porter directement chez les consommateurs, de telle sorte que l'installation nouvelle a été de la plus grande utilité, au double point de vue de l'intérêt des routes et du bon marché des transports.

Ce réseau de chemins de fer souterrains, qui a déjà un développement d'environ 4,000 mètres, est relié par un plan incliné automoteur avec le chemin de fer qui va d'Anzin à Denain, Abscon et Sommain; ce plan permet de descendre et de transporter aux rivages les waggons qui arrivent par les chemins de fer du jour, dont le développement est de 20 kilomètres.

Les avantages d'un chargement direct des fosses d'extraction sur les waggons destinés aux expéditions n'ont pas besoin d'être démontrés; mais on n'en comprend peut-être pas toute l'importance. Sans compter les frais d'un transport supplémentaire, qui sera plus ou moins long et entièrement à la charge de l'exploitant, le seul fait de la mise à terre sur un rivage ou sur un port sec, puis du rechargement des charbons sur les waggons d'expédition, peut être considéré comme une charge de 75 centimes à 1 franc par tonne, tant à cause des frais directs que par les déchets que subissent, dans ce transbordement, les gros et les gailleteries.

Nous n'avons rien à dire de l'établissement des chemins de fer construits sur les dimensions des chemins de grande communication; les conditions de leur construction et leur matériel sont identiques à ce qui se fait en France et en Belgique.

Pour la traction on emploie des locomotives, et, lors-

que cela est possible, on fait faire cette traction par les compagnies auxquelles on se trouve soudé.

Cependant il est des conditions particulières qui exigent quelquefois des modifications dans le matériel des waggons : lorsque, par exemple, le charbon doit être mis en tas.

Pour les charbons menus, on emploie, aux charbonnages du nord de Charleroi, des waggons à caisses coniques en tôle, se vidant par le fond. Ces waggons sont reçus sur des estacades, en dessous desquelles on forme les tas. A Anzin, la grande dimension des waggons n'aurait guère permis l'usage des caisses coniques, et l'on a préféré employer des trucs portant six caisses mobiles. Ces caisses sont enlevées à l'aide de grues qui sont elles-mêmes montées sur des voies de fer et servent à faire les tas.

Le truc à caisses employé à Anzin et à Denain est représenté planche LXXV.

Lorsqu'une houillère doit charger sur chemins de fer pour expédier ses produits, il est sans doute préférable d'amener les grands waggons qui doivent servir à cette expédition jusque sur les fosses elles-mêmes. On évite ainsi la dépense et les déchets d'un transbordement. Mais si l'on transporte à de courtes distances, à quelques kilomètres, par exemple, pour mettre en tas et pour classer, les petits waggons, avec une voie réduite, deviennent alors bien préférables, parce qu'ils sont plus facilement maniables et se prêtent mieux à toutes les manœuvres qu'exigent les diverses

opérations de l'entassement et de la classification.

La voie et les waggons doivent d'ailleurs augmenter de dimensions en proportion des distances.

Ainsi, lorsque les versages et les classifications doivent se faire dans un rayon de peu d'étendue, 200 à 300 mètres, par exemple, le plus simple est de conserver la voie et les waggons du fond. A 500 mètres et jusqu'à 2,000 et 3,000 mètres de distance, la question se trouve déjà bien modifiée, et l'on emploie des waggons portant 1,500 kilogrammes sur des voies qui ont au moins $0^{m},80$. Si le chemin atteint un développement de 5 à 10 kilomètres, ainsi que cela arrive souvent, les waggons porteront 2,500 et jusqu'à 4,000 kilogrammes; la voie aura au moins $1^{m},10$, si, toutefois, on ne peut établir la voie de $1^{m},50$ et le matériel correspondant.

Lorsque les chemins du jour présentent des pentes peu considérables et, par conséquent, peu de chances de déraillements, le waggon à bascule est peut-être le plus commode. Une longue pratique de ce waggon sur les chemins extérieurs des exploitations de Blanzy semble justifier cette préférence, par les facilités qui en résultent pour les versages.

Le waggon conique de Saint-Etienne, qui a rendu tant de services sur les premiers chemins de fer du bassin de la Loire, convient moins aux petits trajets et aux manœuvres des gares, parce qu'il ne peut être vidé que sur des estacades.

La planche LXXVI représente le waggon à bascule employé à Blanzy depuis plus de vingt ans, pour des

transports de 500 à 2,000 mètres. Ces waggons vont chercher les charbons à tous les versages des puits, dans des conditions analogues à celles qui sont indiquées pour les puits Cinq-Sous et Lucy, planches XXX et XXXI, XLV et XLVI, et les transportent aux divers rivages ou ports établis sur le canal du Centre.

Pour se rendre compte de l'aptitude de ces waggons aux services du jour, il suffit de suivre ces services pendant quelques heures; on reconnaît de suite que les trajets de 1,000 ou 1,500 mètres qui sont à parcourir constituent la partie la plus simple et dont on a le moins à s'inquiéter. Le travail le plus long consiste à manœuvrer les waggons dans les gares de chargement et sur les rivages, à les amener au point où ils doivent verser leur charge et à les replacer sur la voie de retour. La condition essentielle est alors de satisfaire à toutes ces évolutions et, par conséquent, d'être assez facilement maniables, condition à laquelle satisfait le waggon représenté planche LXXVI, dont la construction n'a besoin d'ailleurs d'aucune explication.

Si le trajet était plus long, de 5 à 10 kilomètres, par exemple, la condition se trouverait inverse. Les manœuvres des gares ne viendraient plus qu'en seconde ligne, et le transport serait l'élément essentiel à consulter. Dès lors, le poids mort considérable des waggons à bascule ramènerait nécessairement aux caisses fixes, et l'on serait, en outre, dans la nécessité d'augmenter la capacité de ces caisses.

Ainsi, pour un chemin de 9 kilomètres, récemment

exécuté des houillères de Portes à la Levade, la question du waggon était d'autant plus complexe que le tracé du chemin comprenait une série de plans ascendants et automoteurs, avec des pentes de $0^m,20$ et $0^m,30$ par mètre. Il fallait donc à la fois avoir un waggon maniable pour les manœuvres multipliées que nécessitaient les plans; assez grand pour que la proportion du poids mort fût aussi réduite que possible, et qui présentât en même temps les meilleures garanties contre les chances de déraillement qui résultaient des grande inclinaisons à parcourir.

L'étude de ce waggon conduisit au type détaillé par la planche LXXIV.

Ce waggon, monté sur une voie de $1^m,10$, contient, avec la surcharge que permettent les pignons, 4,000 kilogrammes de houille et ne pèse que 1,700 kilogrammes, dont 500 pour les roues et essieux. Il est à double porte, de manière à pouvoir être chargé ou déchargé, soit à droite, soit à gauche de la voie sur laquelle il arrive. Sous le rapport des détails de construction, c'est en quelque sorte une réduction des grands waggons de 10 tonnes, employés sur le réseau du Nord pour le transport des houilles.

Ce waggon a été adopté par M. de Reydellet, pour le chemin de Portes à la Levade; il fait le service sur 7,700 mètres de longueur, depuis les mines jusqu'à la gare des Luminières, point sur lequel les charbons sont transbordés sur les waggons du chemin de la Méditerranée.

### PLANS INCLINÉS, ASCENDANTS, AUTOMOTEURS ET BIS-AUTOMOTEURS.

Les houillères, surtout dans le centre et le midi de la France, sont souvent dans des régions très-accidentées, de telle sorte qu'on est forcé d'avoir recours, pour les transports du jour, à des plans inclinés, ascendants ou automoteurs.

L'établissement de la voie sur ces plans inclinés ne présente d'ailleurs aucune difficulté spéciale.

S'il s'agit d'un plan ascendant, la traction est opérée par une machine située à son sommet, et mettant en mouvement un tambour horizontal, de grand diamètre, sur lequel deux câbles sont enroulés en sens inverse: l'un sert à monter un train de waggons pleins, pendant que le train de waggons vides descend avec l'autre.

Un plan automoteur est d'une installation encore plus simple, un même câble passé sur une poulie horizontale est attaché vers le sommet du plan au train de waggons pleins qui va descendre, et vers l'extrémité inférieure au train de waggons vides qui va monter. L'excès du poids des pleins, sur le poids des vides, suffit pour déterminer le mouvement dont la vitesse est réglée par un frein: une pente de $0^m,05$ par mètre suffit pour l'établissement de ce système.

Il existe de nombreux exemples de plans inclinés ascendants ou automoteurs, mais leur établissement présente des conditions tellement variées, que chacun

d'eux est l'occasion de problèmes intéressants, relatifs aux pentes et aux différences de poids qui doivent exister entre les deux trains.

On peut, il est vrai, avec un matériel léger, remonter les waggons vides sur des plans automoteurs dont la pente n'est que de $0^m,025$ à $0^m,030$, mais le matériel des exploitations houillères doit être lourd et résistant pour supporter les manœuvres des gares. D'autre part, un plan automoteur destiné au service d'une exploitation doit pouvoir remonter les bois, les fers et autres matériaux nécessaires aux travaux. Enfin il faut pouvoir remonter au besoin un waggon vide supplémentaire. Les pentes de $0^m,05$ à $0^m,07$ sont les plus convenables pour ce service.

Avec des pentes de $0^m,10$ à $0^m,20$, on peut créer des plans bis-automoteurs, c'est-à-dire qui remontent les waggons vides à des hauteurs supérieures à celle du point de départ des waggons pleins.

Il existe un plan automoteur à Sart-les-Moulins, plan de date assez ancienne, mais dont le tracé et l'installation ont été perfectionnés par M. Jouniaux, de telle sorte que depuis deux ans, les accidents, autrefois assez fréquents, ont complétement cessé de se produire.

Le plan automoteur de Sart-les-Moulins a 816 mètres de longueur, il est à la voie de $1^m,10$, et il a deux voies sur la plus grande partie de son parcours. Son profil offre différentes pentes variant de $0^m,075$ à $0^m,050$, l'inclinaison moyenne ne dépassant pas $0^m,065$.

Les cent premiers mètres de l'extrémité supérieure ont une pente de 0m,064 par mètre, et les cent derniers mètres, à la partie inférieure, ont 0m,051.

Ce plan est desservi par un câble en chanvre, de 0m,021 de circonférence et pesant 5 kilogrammes par mètre courant, qui passe sur une poulie de renvoi ordinaire, de 1m,10 de diamètre, à laquelle se trouve fixé le frein. La durée de ce câble, qui représente un capital de 6,500 francs, est de vingt-quatre à trente-deux mois, suivant l'activité du service. Ce service est de 90,000 à 100,000 quintaux métriques par mois.

Chaque train se compose de dix à douze waggons pleins, pesant en moyenne 2,300 kilogrammes (900 kilogrammes pour le waggon vide, et 1,400 kilogrammes de charbon). Il faut ajouter à ce poids environ 500 kilogrammes pour l'excédant d'un waggon de déblai, qui se trouve généralement dans chaque train.

Le poids total descendant est, par conséquent, de 23,500 à 28,100 kilogrammes.

Le train montant est de dix à douze waggons vides, dont le poids est de 9,000 à 10,800 kilogrammes.

Dans ces conditions, le nombre de dix waggons est la limite nécessaire pour que le mouvement automoteur se produise, et encore la moindre imperfection de la voie suffit-elle pour empêcher le départ, qui s'obtient facilement avec les trains de douze waggons.

Une manœuvre complète, en tenant compte de l'approchage, de l'attache, de la mise en mouvement, du parcours de 816 mètres et de la réception des trains,

exige environ dix minutes. Le parcours lui-même ne dure que quatre minutes, la vitesse moyenne étant de $3^m,34$ par seconde. La vitesse maximum dépasse à peine 4 mètres, et pendant tout le trajet le frein reste en quelque sorte maître du train, qu'il pourrait arrêter sur la pente.

Lorsqu'un pareil plan automoteur est bien établi et suffisamment alimenté, les frais de transport, répartis sur chaque tonne de houille, sont à peine sensibles. Ils se bornent, en effet, à l'usure de la corde, au graissage et à l'entretien des rouleaux et de la poulie, et à l'entretien d'un personnel de trois à quatre ouvriers pour les manœuvres, indépendamment de ceux qui sont nécessaires pour la formation des trains, au départ et à la réception.

Nulle part, les problèmes relatifs à l'établissement des plans inclinés ascendants et automoteurs ne se sont présentés dans des conditions aussi difficiles et aussi complexes, que dans l'exécution du chemin de fer des houillères de Portes à la Levade, dans le bassin du Gard. Ces difficultés ont été heureusement surmontées par M. de Reydellet, ingénieur-directeur de ces mines, et le tracé de son chemin de fer nous paraît résumer tous les problèmes que peuvent présenter les transports des houillères pour atteindre une grande voie de communication.

L'examen de ce tracé représenté en plan et profil, planche LXXI, est un exemple frappant des difficultés que les exploitants peuvent avoir à surmonter pour assurer leurs débouchés.

Les mines de Portes sont ouvertes dans le Val de l'Oguègne, affluent du Luech, qui passe à Bessèges et qui est lui-même un affluent de la Cèze. Pour donner une issue aux produits de l'exploitation, le plus simple était donc de relier les mines au chemin de fer de Bessèges, en suivant la pente naturelle des vallées. Mais les études démontrèrent que ce chemin coûterait plus de 5 millions; avec le matériel nécessaire à son exploitation, c'était une dépense de 6 millions. Ce tracé avait, en outre, l'inconvénient de ne conduire à Alais que par un détour de 50 kilomètres, c'est-à-dire d'élever le coût du transport à 3 fr. 50 c. par tonne.

Les mines de Portes étaient plus rapprochées de la Levade que de Bessèges; il n'y a, en effet, que 9 kilomètres entre ces deux points; mais pour les relier, on avait à traverser les contre-forts de la crête de partage de Portes, crête qui sépare les eaux du bassin de la Cèze de celles du Gardon. Ces contre-forts, à la fois très-élevés et très-abrupts, ne pouvaient être traversés directement que par un tunnel de 7 kilomètres, entreprise à laquelle on ne pouvait songer ; mais on pouvait s'élever par des plans inclinés, de manière à traverser les cimes par des tunnels de peu d'importance, puis descendre les pentes par des plans automoteurs ainsi que l'indique le profil du tracé.

L'usage des plans inclinés et des plans automoteurs, déjà répandu dans le bassin du Gard, rendait en quelque sorte cette solution naturelle, et l'étude du tracé fut confiée à M. de Reydellet, ingénieur connu de tout le

département du Gard, par de nombreux services rendus à l'industrie minière du pays.

L'étude du tracé fut difficile; M. de Reydellet fit jalonner trois tracés distincts, d'abord pour les comparer, et en second lieu pour ne pas exalter les prétentions des propriétaires, qui pouvaient rendre l'exécution impossible, ce chemin devant s'exécuter sans concession, comme chemin d'utilité privée, et, par conséquent, sans droit d'expropriation.

Un des trois tracés se trouvait dans des conditions de simplicité relative qui devaient lui assurer la préférence. Il se présentait de telle sorte que les waggons, une fois élevés au point culminant du tracé, pouvaient redescendre les pentes au moyen de deux paliers de 3 kilomètres chacun, inclinés à $0^{m},015$ par mètre, et de deux plans bis-automoteurs, c'est-à-dire de deux plans qui élèveraient les waggons vides à un niveau supérieur à celui des waggons pleins, de telle sorte que ces waggons vides pussent revenir à l'origine des paliers par des chemins spéciaux, inclinés en sens inverse.

Ces conditions sont mises en évidence par le plan et le profil du tracé, planche LXXII. Le profil montre comment le trafic peut s'effectuer sur une longueur de 7,700 mètres, c'est-à-dire jusqu'à la gare des Lumières, sans chevaux ni locomotives.

Le plan bis-automoteur de la Levade, établi il y a quinze années par M. Bourdaloue, pour le service des mines de Champclauson, avait démontré les avantages de ce moyen de transport; et, bien qu'il s'agît ici de faire

circuler des waggons d'un tonnage décuple, il était évident qu'avec des appareils puissants et solidement établis, on obtiendrait la même simplicité de circulation. Les pentes de $0^m,25$ par mètre ne permettaient pas d'ailleurs l'emploi d'autres moyens que les plans automoteurs.

Son tracé une fois choisi, M. de Reydellet se mit à l'œuvre, en mettant à profit l'influence qu'il avait justement conquise dans le pays ; en moins de trois mois, il avait acquis tous les terrains nécessaires à l'exécution. Ceux qui connaissent la défiance naturelle des paysans apprécieront les difficultés que dut présenter cette laborieuse campagne.

Le chemin de fer fut ensuite exécuté en deux années, avec quelques modifications dans le tracé et les constructions, modifications peu heureuses qui furent imposées à M. de Reydellet. Il fonctionne aujourd'hui, depuis dix-huit mois, et telle était la précision du calcul du tracé et des nombreux appareils mécaniques employés, que la mise en train n'a présenté aucun embarras, et qu'on n'a eu à faire que des modifications insignifiantes.

Les travaux souterrains des houillères de Portes sont pourvus de petits chemins de fer de $0^m,80$ de voie, et les waggons qui sortent des exploitations vont se verser sur une place commune, établie sur la rive gauche de l'Oguègne. Sur cette place, qui est à la cote de 322 mètres au-dessus du niveau de la mer, sont établis les versages, triages et classification des charbons, qui sont

ensuite rechargés sur les waggons destinés à parcourir le chemin de fer de l'Oguègne à la Levade. Ces waggons sont ceux précédemment indiqués planche LXXIV.

De la place de l'Oguègne, le tracé du chemin de fer monte d'abord à la cote de 402 mètres, par un plan incliné ascendant, dit de Pourcharesse, dont la pente moyenne est de $0^m,25$ par mètre.

Trois waggons, contenant chacun quatre tonneaux, soit 12,000 kilogrammes de poids utile et 5,500 kilogrammes de poids mort, y compris les attaches, sont élevés sur ce plan incliné à la vitesse de 4 mètres par seconde, par une machine fixe horizontale, dont le cylindre a $0^m,56$ de diamètre et $1^m,30$ de course. Cette machine, alimentée par de la vapeur à trois atmosphères effectives, met en mouvement par un engrenage un tambour de $4^m,50$ de diamètre. Le câble enroulé est en fil de fer de $0^m,035$ de diamètre et composé de quarante-neuf fils n° 18.

Dans ces conditions, le tambour fait aisément dix tours, et les waggons 140 mètres de parcours par minute. Le plan est donc franchi en quatre minutes, y compris les ralentissements nécessaires aux moments de l'enlevage et de l'arrivée sur le palier. Le plan étant *ascendant-automoteur*, la même manœuvre a fait descendre trois waggons vides, du palier supérieur, au carreau de la place de l'Oguègne.

Le palier sur lequel arrivent les waggons pleins a 400 mètres de longueur, avec une contre-pente de 1 mètre, pour faciliter la conduite des waggons vers le

pied du grand plan incliné ascendant, dit du Peyreyrol.

Le plan incliné *ascendant* du Peyreyrol commence à la cote de 401 mètres et s'élève par des pentes variables de $0^m,20$ à $0^m,35$ par mètre à la cote de 589 mètres au-dessus du niveau de la mer. L'élévation verticale de la charge est, par conséquent, de 188 mètres.

L'élévation de la charge est obtenue par une machine à cylindre horizontal de $0^m,72$ de diamètre et de $1^m,50$ de course. Cette machine met en mouvement, par un engrenage, un tambour de 6 mètres de diamètre, sur lequel sont enroulés en sens inverse deux câbles de $0^m,035$ (quarante-neuf fils n° 18), dont l'un se déroule, tandis que l'autre s'enroule. Ce tambour fait aisément dix tours par minute, les waggons parcourant, par conséquent, 188 mètres dans le même temps.

L'ascension du plan, qui a 865 mètres de longueur, dure, par conséquent, de quatre à cinq minutes.

Arrivés au plateau du Peyreyrol, point culminant du tracé, à l'altitude de 589 mètres, les waggons prennent la voie descendante qui les conduit au plan bis-automoteur des Pinèdes. La pente de $0^m,015$ permet aux convois de descendre rapidement, avec les freins, cette rampe de 2,400 mètres de longueur, et ces convois arrivent au palier intermédiaire du plan des Pinèdes, à la cote de 560.

Arrivés à ce point, les waggons pleins sont descendus par trains de trois, sur le plan automoteur qui remonte en même temps trois vides, et l'excédant de la force fournie par la descente des pleins est utilisé pour mon-

ter trois vides, sur le plan de retour, jusqu'à la cote de 615, de sorte qu'ils puissent retourner au Peyreyrol par la simple action de la gravité.

La même manœuvre se répète depuis la base du plan des Pinèdes jusqu'à la base du second plan bis-automoteur, dit du Simonet. Les waggons pleins partent ainsi de la cote 399, arrivant au palier intermédiaire du Simonet à 368, et descendent à 218 sur la place dite des Luminières, tandis que les vides sont remontés à 432 sur le plan de retour du Simonet, de manière à retourner aux Pinèdes par la gravité.

Entre le Peyreyrol et les Luminières, c'est-à-dire sur un trajet de 5,000 mètres, le mouvement des waggons pleins et des waggons vides est ainsi obtenu par le simple effet de la gravité, au moyen des deux plans bis-automoteurs. Les appareils employés à ces deux plans sont indiqués planche LXXIII.

Ces appareils sont placés au sommet des plans de retour. Le plan de l'appareil explique de lui-même les conditions du mouvement bis-automoteur.

Quatre câbles sont mis simultanément en action :

Sur les grandes bobines, deux câbles plats en fil de fer, de $0^{m},12$ de largeur et de $0^{m},012$ d'épaisseur, sont enroulés en sens inverse, de telle sorte que le câble déroulé se trouve attaché aux trois waggons vides qui doivent remonter du bas jusqu'au palier, tandis que le câble enroulé reçoit sur ce palier les trois waggons pleins qui vont descendre et déterminer le mouvement. Ces deux câbles fonctionnent comme ceux d'un simple plan au-

tomoteur; seulement l'appareil se trouve placé à un niveau supérieur, au-dessus du palier de manœuvre.

La manœuvre supplémentaire est déterminée par les petites poulies, sur le plan supérieur ou plan de retour. Deux câbles ronds sont accueillis dans ces poulies, et l'un d'eux, déroulé au moment d'une manœuvre sur le plan inférieur, reçoit un train de waggons vides et le monte sur le palier supérieur. Le diamètre des petites poulies doit donc être calculé de telle sorte que le parcours du plan de retour soit obtenu par le nombre de tours de l'arbre qui est nécessaire pour le parcours du grand plan automoteur.

Pendant que le train de waggons vides remonte sur le plan de retour par l'enroulement du câble rond sur une des petites poulies, l'autre câble se déroule et est ramené au bas du plan, au moyen d'un waggon supplémentaire destiné à ce service et que l'on appelle le waggon voyageur.

L'appareil est complété par deux freins puissants qui servent à modérer la vitesse que prendraient les trains si on les laissait abandonnés à eux-mêmes. Les deux freins sont manœuvrés par le même guetteur qui suit et règle les manœuvres; l'un de ces freins est employé dès le principe, et, lorsqu'il devient nécessaire d'exercer une pression trop forte sur la poulie, on serre le second frein qui pourrait au besoin arrêter un train sur la pente du plan.

Si l'on cherche à se rendre compte de la position des quatre câbles pendant une manœuvre, on reconnaîtra que le plan de retour devra être muni, de distance en

distance, de traverses portées sur des piliers latéraux; ces traverses sont pourvues de rouleaux, et maintiennent en l'air les grands câbles, en-dessous desquels doivent fonctionner les petits qui servent à remonter les waggons vides.

Le plan et le profil du tracé, planche LXXII, indiquent suffisamment les conditions de longueur et de pente des deux plans bis-automoteurs; dans ces conditions, les détails de la construction des deux appareils ont été déterminés ainsi qu'il suit:

*Plan incliné bis-automoteur du Simonet.*

| | | Mètres. |
|---|---|---|
| GRANDS CABLES. | Plan incliné des pleins | 590 |
| | Palier intermédiaire | 40 |
| | Plan de retour | 258 |
| | Palier supérieur | 45 |
| | Jeu et épissures | 37 |
| | Enroulement de sûreté | 30 |
| | | 1,000 |

| | | Mètres. |
|---|---|---|
| PETITS CABLES. | Plan de retour | 258 |
| | Palier supérieur | 45 |
| | Jeu et épissures | 32 |
| | Enroulement de sûreté | 15 |
| | | 350 |

DIAMÈTRE des GRANDES BOBINES.

On a 602 mètres de câble à enrouler par manœuvre, 590 + 12 longueur d'un convoi.

Si l'on prend 3 mètres comme diamètre au départ, on aura $3^m,012$ comme diamètre correspondant à l'âme du premier enroulement, le câble plat ayant $0^m,012$ sur $0^m,120$.

$4^m,26$ sera le dernier diamètre pour un enroulement complet.

Il faudra 52 tours 2/3.

**DIAMÈTRE des GRANDES BOBINES.**

Pour loger en dessous du diamètre de 3 mètres le câble de jeu qui est égal en longueur à (37 + 30 — 12) = 55, on arrive au diamètre de tourteau de $2^{m},94$.

Si au diamètre de $4^{m},26$ on ajoute une longueur de $0^{m},44$ aux bras, on a un diamètre total de $4^{m},70$.

**DIAMÈTRE des PETITES POULIES.**

La longueur à enrouler sera égale à 258 + 12 = $270 \frac{270}{3.14 \times 52.66} = 1^{m},60$ pour le diamètre moyen qui correspondra à une circonférence de $5^{m},02$.

Soit un câble de $0^{m},025$ de diamètre.

Largeur entre les joues des poulies, $0^{m},30$.

On obtient comme diamètre de l'âme du premier enroulement $1^{m},475$.

On obtient comme diamètre de l'âme du deuxième enroulement $1^{m},675$.

On a à placer en dessous une longueur = 350 — 270 = 80 ; ce qui conduit à avoir un diamètre au tourteau de $1^{m},45$.

Il y aura 8 superpositions de câble ou assises..... = $0^{m},20$ d'épaisseur.

Plus..... 0 ,15 de garde.

On aura, pour la hauteur des joues..... $0^{m},35$.

En résumé, on arrive aux dimensions suivantes pour les diamètres des petites et des grandes bobines.

**GRANDES BOBINES.**

Diamètre du tourteau..... ... = $2^{m},94$

— au pourtour des bras..... = 4 ,70

**PETITES POULIES.**

Diamètre du tourteau..... = 1 ,45

— les joues comprises ..... = 2 ,15

***Plan incliné bis-automoteur des Pinèdes.***

**GRANDS CABLES.**

| | Mètres. |
|---|---|
| Plan incliné des waggons pleins..... | 532 |
| Palier intermédiaire ..... | 40 |
| Plan de retour..... | 150 |
| Palier supérieur jusqu'à l'axe des bobines... | 45 |
| Jeu et épissures..... | 33 |
| Enroulement de sûreté..... | 30 |
| | 830 |

**PETITS CABLES.**

| | Mètres. |
|---|---|
| Plan de retour | 150 |
| Palier supérieur | 45 |
| Jeu et épissures | 30 |
| Enroulement de sûreté | 15 |
| | 240 |

**DIAMÈTRE des GRANDES BOBINES.**

La longueur à enrouler = 532 + 12 longueur d'un convoi = 544 mètres.

Si l'on prend 3 mètres comme diamètre au départ, en supposant que le câble ait $0^m,012$ sur $0^m,120$, le diamètre de l'âme du premier enroulement sera de $3^m,012$.

$4^m,160$ sera le diamètre du dernier enroulement complet.

Il faudra 48 tours 1/4.

Pour loger en dessous du diamètre de 3 mètres le câble de jeu qui est égal en longueur à 33 + 30 — 12 = 51 mètres, on arrive au diamètre de $2^m,94$ pour le tourteau.

Les bobines au pourtour des bras auront $4^m,70$ de diamètre.

**DIAMÈTRE des PETITES POULIES.**

La longueur à enrouler sera égale à 150 + 12 = 162 mètres $\frac{162}{3.14 \times 48.25}$ = un diamètre moyen de $1^m,06$.

Si l'on prend un câble de $0^m,025$ de diamètre et qu'on suppose l'écartement des joues de $0^m,30$, nous obtenons comme diamètre de l'âme du premier enroulement $0^m,96$.

Diamètre de l'âme du dernier enroulement $1^m,06$.

Nous avons à placer en dessous une longueur = 228 — 162 = 66 mètres.

Ce qui nous conduit à avoir un diamètre au tourteau de $0^m,86$.

On aurait en tout 6 superpositions de câbles ou assises..... = $0^m,15$

Garde..... = 0 ,15

La hauteur des joues serait de..... = 0 ,30

En résumé, on arrive aux dimensions suivantes pour les diamètres des petites et grandes bobines :

**GRANDES BOBINES.**

| | |
|---|---|
| Diamètre du tourteau..... | = $2^m,94$ |
| — au pourtour des bras..... | 4 ,70 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| PETITES POULIES. | Diamètre du tourteau..... | | 0m,86 |
| | — les joues comprises..... | | 1 ,46 |

L'établissement de ces deux plans bis-automoteurs avait coûté des sommes considérables, et beaucoup d'ingénieurs mettaient le succès en doute par des considérations tirées soit des pentes, soit de l'emploi des câbles plats.

Il s'agissait de lancer, sur ces pentes de 0m,20 à 0m,30 par mètre, des trains composés de trois waggons, pesant ensemble 6,000 kilogrammes, et portant 12,000 kilogrammes de houille, soit 18,000 kilogrammes, qui, en certains points du parcours, devaient exercer par conséquent un effort de traction d'environ 6,000 kilogrammes sur les câbles. Un succès complet, confirmé par une marche régulière de dix-huit mois, est venu démentir toutes les craintes émises, à tel point que l'on se demande aujourd'hui si quelque détail pourrait être utilement modifié.

Le plan des Pinèdes est régulièrement parcouru en trois minutes; c'est une vitesse de 3 à 4 mètres par seconde, parfaitement supportée par le matériel.

Le plan du Simonet présentait des conditions moins favorables, les pentes se trouvant très-fortes dans la partie supérieure et très-adoucies vers le bas du plan; on était dès lors obligé de laisser les trains prendre une très-grande vitesse dans la partie supérieure, afin que la vitesse acquise permît d'achever la manœuvre. Dans le principe, la vitesse moyenne était telle, que la longueur du plan était parcourue en moins d'une minute, c'est-à-

dire avec une vitesse moyenne de près de 6 mètres par seconde, la vitesse maximum étant de 12 mètres. Cet état de chose ayant paru dangereux, M. de Reydellet fit augmenter la pente vers la base du plan, et la manœuvre put s'exécuter en 180 secondes et avec toute la sûreté désirable.

Des expériences qui ont été faites à cette époque est résulté un enseignement précieux sur les conditions des pentes nécessaires à la précision des manœuvres sur les plans bis-automoteurs.

Le plan du Simonet ne présente pas, en effet, comme celui des Pinèdes, une pente régulière ; il commence par une pente de $0^m,30$ par mètre, qui est bientôt de $0^m,32$, puis retombe à $0^m,30$, et vers le milieu du parcours se trouve subitement réduite à $0^m,186$. Ces deux pentes sont raccordées par une courbe en chaînette.

Il résultait de cette irrégularité un départ très-facile, que l'on était obligé de modérer avec les freins, mais cependant très-peu, de telle sorte que les waggons se trouvaient lancés sur la pente de $0^m,186$ à une vitesse suffisante pour que la force acquise permît de remonter les trois waggons vides sur la pente de $0^m,30$ à $0^m,32$, et les trois waggons du plan de retour sur une pente de $0^m,30$, travail impossible par l'effet de la pente de $0^m,186$, sur laquelle se trouvent les pleins à la fin de leur descente.

Ces conditions nécessitaient une vitesse moyenne de $5^m,50$ par seconde, vitesse qui, dans le milieu du parcours, atteignait 12 mètres. Il se produisait alors,

notamment sur la partie courbe où les waggons arrivaient avec cette vitesse excessive, un mouvement de lacet qui détermina quelques déraillements et exigea la pose de contre-rails.

On augmenta la pente sur la fin du parcours; elle fut portée à $0^m,195$, puis à $0^m,250$ sur les 50 derniers mètres de la descente. Cette modification suffit pour augmenter le parcours de 80 secondes, et la manœuvre s'exécuta en trois minutes, c'est-à-dire avec une vitesse moyenne d'un peu plus de 3 mètres par seconde. On pouvait alors retenir le train avec les freins sur les trois quarts du parcours (moment où la vitesse ne dépassait pas 7 mètres par seconde), puis l'abandonner à lui-même.

En résumé, le parcours s'effectue sur les plans inclinés ascendants, ou automoteurs, par trains de trois waggons, et dans les conditions suivantes :

| | Longueur des plans. | Temps du parcours. | Vitesse moyenne. |
|---|---|---|---|
| Pourcharesse.... | 410 mètres. | 110″ soit par 1′ | $3^m,726$ |
| Peyreyrol..... | 865 — | 240 — | 3 ,604 |
| Pinèdes..... | 529 — | 150 — | 3 ,526 |
| Simonet..... | 588 — | 180 — | 3 ,277 |
| | 2,392 — | 680 — | |

De telle sorte qu'on peut considérer la vitesse moyenne de $3^m,50$ comme une vitesse normale, favorable à ces manœuvres des plans inclinés et automoteurs.

Il résulte de l'expérience acquise sur ce chemin que l'on n'aurait aucun avantage à augmenter ces vitesses. Le temps du parcours des quatre plans n'excède pas, en

effet, 1680 secondes, ou 28 minutes, et si l'on ajoute 8 à 10 minutes pour chacun des trois paliers, le parcours total du chemin, depuis l'Oguègne jusqu'aux Luminières, c'est-à-dire sur une longueur totale de 7,500 mètres, serait obtenu en moins d'une heure.

Il n'en est pas ainsi, en réalité, parce qu'à chaque extrémité des plans il faut composer et accrocher les trains de pleins ou de vides. Ces manœuvres demandent toujours plus de temps qu'on ne pense, et comme il faut d'ailleurs prévoir le temps nécessaire pour charger et décharger les waggons, temps d'autant plus considérable que les waggons sont plus grands, c'est à peine si dans la pratique on peut obtenir par jour deux voyages complets du même waggon.

On a beaucoup discuté, avant l'achèvement de ce chemin, sur les quantités qu'il pourrait transporter. En réalité, cet effet utile du chemin de fer est déterminé par le plan le plus long, qui est le plan incliné ascendant du Peyreyrol, d'une longueur de 865 mètres. Ce plan est parcouru en quatre minutes, vitesse que l'on pourrait encore accélérer, parce qu'elle est régulière. En l'état actuel, on a facilement obtenu six manœuvres par heure, y compris le temps nécessaire pour accrocher et décrocher les trains, et ce nombre pourrait, à l'aide de quelques simplifications dans la manière d'enchaîner les trains, être facilement porté à huit manœuvres. Ce chiffre de huit manœuvres par heure permettrait de faire monter 1,000 tonnes par journée de travail et 1,500 tonnes en travaillant la nuit.

MISE EN TAS, RIVAGES ET PORTS SECS.

La mise en tas avant le rechargement sur bateaux ou sur les waggons d'expédition est une des plaies de nos houillères. Si l'on pouvait charger et expédier l'extraction immédiatement après les transports du jour, on réaliserait l'économie la plus sensible qui puisse être introduite dans nos prix de revient.

Nous doutons que la situation actuelle puisse être modifiée, et le mieux est de chercher les moyens de faire cette mise en tas dans les meilleures conditions possibles.

Le rivage ou port sec qui recevra les tas doit d'abord avoir l'étendue convenable, de telle sorte que d'abord les tas puissent être isolés et qu'une inflammation ne puisse se propager de l'un à l'autre, et en second lieu, que la hauteur de ces tas ne dépasse pas 3 mètres ou 3$^{m}$,50, hauteur qui paraît la plus convenable pour concilier les avantages de l'entassement qui restreint l'espace nécessaire, et les inconvénients qui sont les déchets déterminés soit par le versage, soit par l'écrasement.

Si l'on fait la part des espaces servant à la séparation des tas, on trouvera qu'un terrain chargé de houille jusqu'à 3$^{m}$,50 ne recevra en moyenne qu'une épaisseur de 2 mètres, soit 2 tonnes par mètre carré de surface; d'où il résulte que, pour déposer 100,000 hectolitres

dans des conditions convenables, il faut un demi-hectare de terrain.

Ceci posé, les tas peuvent être faits soit par des grues mobiles roulant sur des rails espacés d'environ 4 mètres, ces grues servant à vider les caisses que les trucs amènent à leur portée, et battant en retraite à mesure que le tas avance; ou bien par un versage direct des waggons à bascule. Les grues sont coûteuses d'installation, lentes dans leur travail et n'ont d'autre avantage que de faire le tas en dessus du niveau sur lequel on opère. Pour le versage direct, il faut que les waggons arrivent à 3 mètres au-dessus de ce niveau.

Les houillères de Blanzy sont astreintes à des entassements considérables, par suite des longs chômages du canal du Centre, et la planche LXXVII indique comment les tas sont disposés sur les ports établis le long de ce canal.

Les tas sont allongés et un peu obliques au canal, leur axe étant parallèle à celui du chemin de fer qui amène les waggons. Leur hauteur est de 3$^{m}$,50 et leur base de 7 mètres; ils contiennent environ 57 mètres cubes au mètre courant.

Les waggons employés pour les faire sont les waggons à bascule représentés planche LXXVI, que nous avons précédemment indiqués comme servant à tous les transports du jour des houillères de Blanzy.

Ces waggons arrivent successivement en tête du rivage et sont reçus sur des trucs ou porteurs qui se meuvent sur une voie parallèle au canal. Les porteurs

sont pourvus de deux bouts de rails en prolongement desquels on place sur le charbon même, à mesure que le versage forme les tas, deux voies qui servent à les prolonger. Chaque tas porte donc deux voies, de sorte qu'il puisse recevoir successivement deux waggons, l'un supposé plein et entrant, au moment où le vide est ramené. Le même porteur suffira pour manœuvrer ces deux waggons.

Lorsqu'un train de waggons pleins arrive ainsi en tête du rivage, une série de porteurs est successivement poussée devant lui, et chaque porteur reçoit son waggon plein qui est conduit rapidement à son tas de déchargement. Cette série de porteurs ramène ensuite les vides, dont le train est recomposé sur la voie de leur départ par une manœuvre inverse de la précédente.

Dans cette manière de former les tas, les charbons sont versés sur les talus naturels d'environ 35° d'inclinaison, et le bris est réduit autant qu'il est possible. Sur plusieurs points du rivage sont établis des cribles qui opèrent la classification en fines, braisettes et gailletteries; le triage s'opère en même temps, mais, dans ce cas, les charbons doivent être relevés après leur classification et les tas faits à la brouette.

Sur tous les rivages et ports secs, on voit opérer des mouvements de charbons à la brouette, et l'on se demande ce que peut coûter un pareil remaniement, qui oblige toujours, non-seulement à transporter, mais aussi à relever les charbons de 2 ou 3 mètres.

A Blanzy, sur les anciens ports dont le sol se trouve

en contre-bas de la levée du canal, de 2 mètres à $2^{m},50$, on opère le chargement à l'aide de brouettes de 108 litres, comptées pour 1 hectolitre, et l'on paye 0 fr. 025 par brouette transportée à une distance moyenne de 50 mètres, et élevée sur des madriers disposés en plans inclinés mobiles, à une hauteur moyenne de 2 mètres. C'est une dépense de 30 centimes par tonne.

Si les hectolitres de charbon doivent être pesés, auquel cas le trajet s'augmente pour aller trouver la bascule, le prix est porté à 0 fr. 0375 par hectolitre, soit 45 centimes par tonne.

Une équipe de douze hommes vigoureux chargera, en moyenne, un bateau de 1,500 hectolitres dans sa journée; six hommes étant employés à charger et rouler, à tour de rôle. Pour le charbon qui doit être pesé, l'équipe est de dix-huit hommes.

Sur les ports où les charbons sont chargés de niveau, la base des tas se trouvant au niveau même du quai, le transport et le chargement se font à 0 fr. 015 par brouette, soit 18 centimes par tonne. Si le charbon doit être pesé, le prix est de 0 fr. 0225 par hectolitre, soit 27 centimes par tonne.

Pour obtenir les mouvements des charbons à des prix aussi réduits, il faut que le travail soit exécuté à la tâche et par des ouvriers formés. Le même travail, confié à de simples manœuvres et fait à la journée, coûterait certainement le double.

On doit d'ailleurs veiller à ce que les mouvements des charbons sur un port sec ou rivage se bornent à la mise

en tas et à la reprise pour le chargement définitif. Les frais qui résultent de ces mouvements ne consistent pas seulement en main-d'œuvre dépensée, mais bien plus encore en déchets coûteux, qui résultent du bris des gailleteries. La différence qui existe entre le prix des gros et gailleteries et celui des fines est toujours de 8 à 10 francs, et le déchet d'un remaniement ne peut être évalué à moins de 10 pour 100, c'est-à-dire à 80 centimes par tonne.

# TABLE DES MATIÈRES.


Pages.

INTRODUCTION . . . . . 1

## CHAPITRE Ier.

TRANSPORTS SOUTERRAINS . . . . . 33

Voies et waggons . . . . . 35
Berceaux porteurs et cages . . . . . 49
Parachutes . . . . . 56
Clichages . . . . . 60
Traction mécanique des waggons . . . . . 64
Câbles en chanvre ou en aloès . . . . . 69
Câbles en fil de fer ou d'acier . . . . . 79

## CHAPITRE II.

EXTRACTION . . . . . 87

Chevalets, châssis à molettes . . . . . 90
Molettes . . . . . 94
Bobines . . . . . 98
Machines d'extraction à un cylindre, avec engrenage. 108
Machines à deux cylindres conjugués, horizontaux . . 118
Machines à deux cylindres conjugués, verticaux . . . 130
Application des bobines à 1,000 mètres de profondeur. 135
Machines d'extraction avec contre-poids . . . . . 143
Constructions et dispositions générales . . . . . 152
Fosse Villars à Denain . . . . . 156

Puits Cinq-Sous et Lucy, n° 3, à
Fosse n° 2 de Nœux, Pas-de-Cal
Installation des fosses en Belgiq
Warocquères et fahrkunst. . . .

CHAPITRE III

AÉRAGE. . . . . .
Lampes de sûreté. . . . . .
Aérage des travaux souterrains. .
Foyers d'aérage. . . . . .
Ventilateurs à force centrifuge. .
Ventilateur Fabry. . . . . .
Ventilateur Lemielle. . . . . .
Vis hydro-pneumatique. . . . . .
Machine pneumatique horizontale à p

CHAPITRE IV.

ÉPUISEMENT. . . . . .
Colonnes d'épuisement. . . . . .
Pompes élévatoires. . . . . .
Pompes foulantes. . . . . .
Machines d'épuisement. . . . . .
Machines à balancier . . . . . .
Machines à traction directe. . . . .
Machine d'épuisement à double effet.

CHAPITRE V.

TRANSPORTS AU JOUR. . . . . .
Voies et waggons. . . . . .
Plans inclinés. . . . . .
Mise en tas, rivages et ports secs. . . .

FIN DE LA TABLE.

Paris. — Typographie HENNUYER, rue du Boulevard de